Vladas Valentinavičius

Fizika



Vladas Valentinavičius

Fizika



ŠVIESA KAUNAS

UDK 53(075.3)
Va171

Redaktorė ZITA ŠLIAVAITĖ

Piešiniai VYTAUTĖS ZOVIENĖS

Dizainerė KRISTINA JĖČIŪTĖ

Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos rekomenduota
2005 03 15, Nr. 36

Vadovėlis atitinka kalbos taisyklingumo reikalavimus

Pirmasis leidimas 2007 2006 2005

Visi šio leidimo pakartoti tiražai yra be pakeitimų ir galioja.
Pirmasis skaičius rodo paskutinius leidinio tiražavimo metus.

ISBN 5-430-04010-X

Turinys

ELEKTRA

4. Elektros srovė

5. Elektros srovės stipris, įtampa, varža

6. Laidininkų jungimo būdai

7. Elektros srovės darbas ir galia

8. Elektros srovė įvairiose terpėse

9. Elektromagnetiniai reiškiniai

VII—VIII klasės kurso pagrindiniai fizikiniai dydžiai ir dėsniai

Fizikinis dydis	Formulė	Matavimo vienetas	Fizikinis dydis	Formulė	Matavimo vienetas
Medžiagos tankis	$\rho = \frac{m}{V}$	1 kg/m³	Mechaninis darbas	$A = Fs$	$1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$
Kelias	$s = vt$	1 m	Galia	$N = \frac{A}{t}$	1 W = 1 J/s
Laikas	$t = \frac{s}{v}$	1 s	Potencinė energija	$E_p = mgh$	1 J
Greitis	$v = \frac{s}{t}$	1 m/s	Kinetinė energija	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	1 J
Pagreitis	$a = \frac{v - v_0}{t}$	$1\ \mathrm{m/s^2}$	Jėgos momentas	$M = Fl$	$1\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$
	$a = \frac{F}{m}$		Naudingumo koeficientas	$\eta = \frac{A_n}{A_v}$	
Jėga	$F = ma$	1 N	Slėgis	$p = \frac{F}{S}$	$1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{N/m^2}$
Sunkio jėga (sunkis)	$F = mg$	1 N	Skysčio stulpelio slėgis	$p = \rho gh$	1 Pa
Kūno svoris	$P = mg$	1 N	Archimedo jėga	$F_A = \rho_s gV$	1 N

Inèrcijos dė́snis. Jeigu kūno nepaveikia kiti kūnai, jis išlaiko rimtį arba juda tiesiai ir tolygiai.

Jėgõs dė́snis. Kūno įgytas pagreitis yra tiesiogiai proporcingas veikiančiai jėgai ir atvirkščiai proporcingas kūno masei.

Veĩksmo ir atóveikio dė́snis. Du kūnus veikiančios veiksmo ir atoveikio jėgos yra lygios, tik priešingų krypčių.

Enèrgijos tvermė̃s dė́snis. Uždarosios sistemos bendras energijos kiekis nekinta.

Sver̃to taisỹklė. Svertas pusiausviras yra tada, kai jį veikiančios jėgos atvirkščiai proporcingos jų pečiams:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2, \quad \text{arba} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

Paskãlio dė́snis. Skysčiai ir dujos perduoda išorinį slėgį visomis kryptimis vienodai.

Archimèdo dė́snis. Skysčiuose (dujose) panardintą kūną veikia aukštyn nukreipta jėga, lygi kūno išstumto skysčio (dujų) svoriui.

IX klasėje mokydamiesi fizikos, papildomos medžiagos rasite internete:

- http://ftf.vpu.lt/edu
- http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
- http://physics.nist.gor/cuu/index.html
- http://groups.physics.umn.edu/demo
- http://www.physics.ru

Šiluma



1 Vidinė kūnų energija ir jos kitimas

Šiame skyriuje susipažinsite su:
- šiluminio judėjimo reiškiniu;
- vidinės kūno energijos sąvoka;
- vidinės kūnų energijos kitimo būdais: atliekant darbą, perduodant šilumą;
- šilumos perdavimo būdais: šilumos laidumu, konvekcija, šiluminiu spinduliavimu;
- šilumos kiekio sąvoka;
- kuro degimo šilumos sąvoka.

1.1. Šiluminis judėjimas. Vidinė energija

Šiluminis judėjimas

Žinome, kad kūnai sudaryti iš dalelių, kurios juda ir sąveikauja tarpusavyje. Kiekviena jų skrieja labai sudėtinga trajektorija. Pavyzdžiui, dujų dalelė lekia tiesiai milžinišku greičiu, kol susiduria su kita dalele arba indo, kuriame yra dujų, sienele. Tada ji pakeičia judėjimo kryptį bei greitį ir vėl juda tiesiai, kol susiduria kitą kartą. Kietųjų kūnų bei skysčių dalelės įvairiai svyruoja apie savo pusiausvyros padėtis, be to, skysčių dalelės dar gali peršokti iš vienos padėties į kitą.

Kiekvienas kūnas sudarytas iš daugybės judančių dalelių. Antai viename kubiniame centimetre bet kokių dujų normaliomis sąlygomis (kai temperatūra lygi 0 °C, o slėgis lygus atmosferos slėgiui) yra apie $2{,}7 \cdot 10^{19}$, o viename kubiniame centimetre vandens — $3{,}34 \cdot 10^{28}$ molekulių ir kiekviena juda vis kitokiu greičiu įvairiomis trajektorijomis. Taigi bendras visų molekulių judėjimas yra dar sudėtingesnis.

Su dalelių judėjimo greičiu susijusi kūno temperatūra. O ji — vienas iš fizikinių dydžių, apibūdinančių šiluminę kūno būseną. Todėl galima sakyti, kad **kūną sudarančių dalelių netvarkingas judėjimas vadinamas šiluminiu judėjimu.**

Šį judėjimą labai sunku įsivaizduoti, tačiau juo galima paaiškinti daugelį šiluminių reiškinių, tarp jų ir šiluminį kūnų plėtimąsi.

Kodėl kūnai nuo šilumos plečiasi

Kaitinant kūnus, juos sudarančios dalelės pradeda greičiau judėti arba smarkiau svyruoti, padidėja vidutiniai atstumai tarp jų, taigi ir viso kūno matmenys bei tūris. Iš jo pokyčio galima spręsti apie kūno temperatūrą, todėl šiluminis kūnų plėtimasis gali būti temperatūros matas.

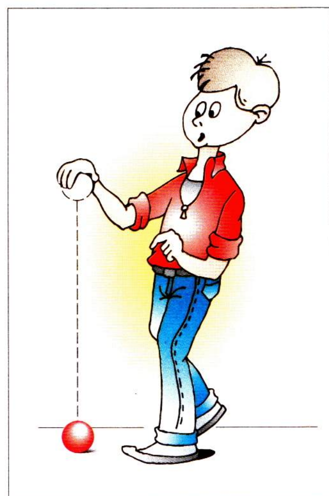
Vidinė energija

Kūną sudarančios molekulės ir kitos dalelės turi dviejų rūšių mechaninės energijos — kinètinės ir poteñcinės. Potencinė dalelių energija priklauso nuo jų tarpusavio padėties (susijusi su dalelių tarpusavio trauka ar stūma), o kinetinė — nuo judančių dalelių greičio.

Taigi kūnas turi energijos. **Kūną sudarančių dalelių judėjimo (kinetinė) ir sąveikos (potencinė) energija vadinama vidinè jõ enèrgija.**

Kūnas, be vidinės, tuo pačiu metu gali turėti ir mechaninės energijos. Pavyzdžiui, pakeltas į viršų rutuliukas turi ir potencinės, ir vidinės energijos. Krintančio rutuliuko potencinė energija mažėja, o kinetinė didėja. Atsitrenkęs į žemę, jis sustoja ir netenka mechaninės energijos (1.1 pav.). Tuo metu kinetinė ir potencinė rutuliuko energija Žemės atžvilgiu lygi nuliui. Tačiau ar mechaninė energija išnyko be pėdsakų? Anaiptol. Ji virto rutuliuko ir Žemės (lietimosi vietoje) vidine energija — rutuliukas ir Žemė truputį įšilo.

Skirtingos būsenos tie patys kūnai turi nevienodą kiekį vidinės energijos: sušilę — daugiau, atvėsę — mažiau. Kartais ją reikia padidinti arba sumažinti. Vidinė kūnų energija gali kisti dviem būdais: **atliẽkant dárbą** ir **pérduodant šìlumą**.



1.1 pav.

Užduotys

1. Karštą dieną skalbiniai džiūsta greičiau nei šaltą. Paaiškinkite kodėl.

2. Vienos vandenilio molekulės vidutinė kinetinė energija 0 °C temperatūroje lygi $4{,}7 \cdot 10^{-21}$ J. Kokia yra visų viename kubiniame centimetre esančių molekulių kinetinių energijų suma? Sąlygos tos pačios.

3. Teniso kamuoliukas nukrito iš tam tikro aukščio, atsitrenkė į žemę ir pakilo aukštyn. Kodėl kamuoliukas pašoko ne iki to paties aukščio, iš kurio nukrito? Išvardykite ir paaiškinkite įvykusius energijos virsmus.

4. Du vienodi plieniniai rutuliukai nukrito iš to paties aukščio. Vienas pataikė į dėžę su smėliu, kitas atsitrenkė į stalą, atšoko nuo jo ir buvo sugautas. Kurio rutuliuko vidinė energija pakito labiau?

5. Šeimininkė perkėlė puodynę iš žemesnės lentynos į aukštesnę. Ar pakito vidinė puodynės energija?

6. Iš baliono siurbiamas oras. Paaiškinkite, kaip kinta balione liekančio oro vidinė energija.

7. Į šaltą vandenį įmetamas įkaitintas metalinis kūnas. Kokie vyksta energijos virsmai?

8. Vienoje stiklinėje yra 20 °C, kitoje — tiek pat 80 °C temperatūros vandens. Kurio vandens vidinė energija didesnė?

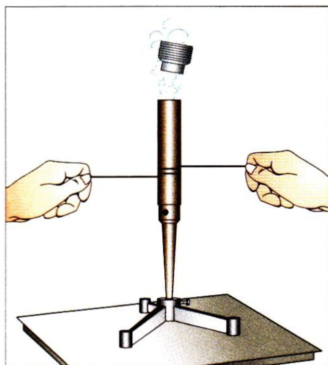
1.2. Vidinės kūnų energijos kitimas atliekant darbą

Minėjome, kad vidinė kūno energija gali kisti dėl darbo. Tuo įsitikinsime atlikdami kelis bandymus.

1 bandymas. Priglauskime delnus prie skruostų. Jaučiame, kad jie šilti. Dabar smarkiai patrinkime delnus vieną į kitą ir vėl priglauskime prie skruostų. Šį kartą delnai bus gerokai šiltesni.

2 bandymas. Stove įtvirtinkime plonasienį žalvarinį vamzdelį, įpilkime į jį truputį eterio ir sandariai užkimškime. Vamzdelį apvyniokime virvute ir, laikydami už galų, stipriai traukiokime ją tai į vieną, tai į kitą pusę. Po kurio laiko eteris užvirs ir jo garai išstums kamštį (1.2 pav.).

1.2 pav.



Iš šių bandymų matyti, kad vidinė kūnų energija padidėjo (delnai ir eteris sušilo) dėl darbo, kuris buvo su jais atliktas veikiant trinties jėgai.

3 bandymas. Paimkime vielos gabaliuką ir per tą pačią vietą lankstykime jį į vieną ir į kitą pusę. Po tam tikro laiko lankstoma vielos dalis įkais.

Šis bandymas rodo, kad vidinė energija gali padidėti ir deformuojant kūnus.

Jei darbą atlieka pats kūnas, vidinė jo energija mažėja. Pailiustruosime tai bandymu.

4 bandymas. Į storasienį butelį įlašinkime truputį vandens ir užkimškime jį guminiu kamščiu. Tada pro kamštyje įtaisytą vamzdelį į butelį siurbliu pūskime orą. Padidėjus inde jo slėgiui, kamštis iššoks ir butelis prisipildys rūko (1.3 pav.).



1.3 pav.

Rūko susidarymas rodo, kad staiga plėsdamasis oras butelyje atvėso — sumažėjo vidinė jo energija. Suspaustas oras, išstumdamas kamštį, atliko darbą. Tam jis panaudojo vidinę savo energiją ir ši dėl to sumažėjo.

Užduotys ??

1. Iš šautuvo išlėkusi kulka, atsitrenkusi į labai kietą kliūtį, išsilydo. Kodėl?

2. Kodėl įkaista nusileidžiančių erdvėlaivių paviršius?

3. Kaip sušildyti sugrubusias rankas, neturint pirštinių ar šiltų daiktų?

4. Kodėl įkaista kalamos vinies galvutė ir plaktukas?

5. Kodėl per kūno kultūros pamoką greitai virve leisdamasis mokinys gali nusideginti rankas?

6. Kodėl, gręžiant metalą, grąžtai įkaista?

7. Senovėje žmonės, trindami du sauso medžio gabalėlius vieną į kitą, juos uždegdavo. Paaiškinkite šį reiškinį.

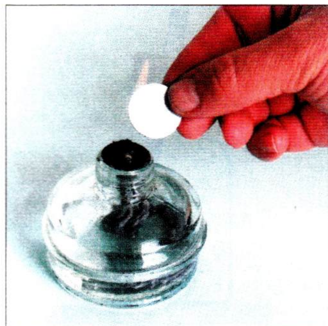
8. Kodėl mašinų riedėjimo guoliai įkaista mažiau negu slydimo guoliai?

9. Kodėl stikliniai buteliai su pritrintais kamščiais atkemšami lengviau, kai jų kaklelis smarkiai patrinamas sausu skudurėliu ar popieriumi?

10. Kartais danguje tenka matyti meteorus — švytinčius kietųjų kūnų, įlėkusių į Žemės atmosferą, pėdsakus. Kaip jie atsiranda?

11. Norint uždegti degtuką, reikia jo galvutę brūkštelėti į degtukų dėžutę. Kodėl?

1.3. Šilumos laidumas


1.4 pav.

Šilumos perdavimo būdai

Vidinė kūnų energija gali kisti (didėti arba mažėti) ir perduodant šilumą. Šilumos perdavimo būdai yra šie: **šilumõs laidùmas, konvèkcija, šilumìnis spinduliãvimas**.

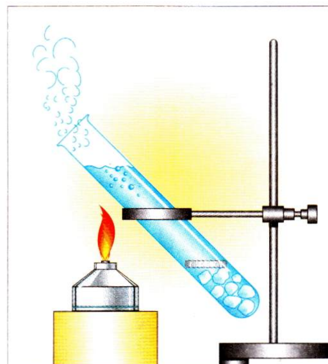
Vidinės energijos perdavimas iš šiltesnių kūno dalių į šaltesnes vadinamas šilumõs laidumù.

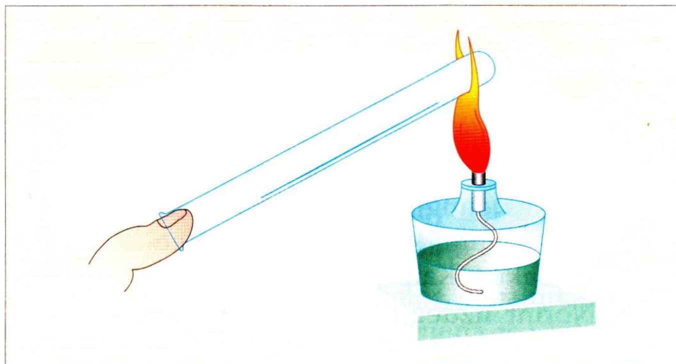
Šilumos laidumo būdu dalį vieno kūno vidinės energijos galima perduoti kitam kūnui (kai jie susiliečia ir yra nevienodos temperatūros) arba iš vienos kūno dalies į kitą (kai, šildant kurią nors jo pusę, įkaitinamas visas kūnas).

1 bandymas. Pirštais laikykime monetą už vieno krašto, o kitą šildykime spiritine lempute (1.4 pav.). Ilgainiui visa moneta taip įkais, kad negalėsime jos išlaikyti.

Jeigu prie šalto kūno priglaustume ir palaikytume įkaitintą, šaltasis sušiltų. Tai rodo, kad šiluma kūnais plinta. Iš patyrimo žinome, kad metalai gerai praleidžia šilumą.

2 bandymas. Prie stovo pritvirtinkime mėgintuvėlį. Įmeskime į jį kelis ledėsius ir prispauskime juos prie dugno veržle ar kitu daiktu. Tada įpilkime

1.5 pav.


1.6 pav.


į mėgintuvėlį vandens ir kaitinkime paviršinį jo sluoksnį (1.5 pav.). Po kurio laiko kaitinimo vietoje vanduo užvirs, o ledas mėgintuvėlio dugne dar bus neištirpęs.

Šis bandymas rodo, kad vanduo yra blogas šilumos laidininkas.

3 bandymas. Užkimškime pirštu mėgintuvėlį ir spiritinės lemputės liepsna pakaitinkime jo dugną (1.6 pav.). Jusime, kad mėgintuvėlyje esantis oras ties pirštu šyla lėtai. Taigi jis taip pat prastai praleidžia šilumą.

Apskritai dujos, tarp jų ir oras, yra blogesni šilumos laidininkai nei skysčiai.

Kas lemia šilumos laidumą

Kodėl vienos medžiagos yra laidžios šilumai, o kitos — ne?

Šilumos laidumą galima paaiškinti vidine medžiagų sandara. Gerą metalų šilumos laidumą lemia laisvųjų elektronų šiluminis judėjimas ir sąveika. Skysčiuose ir dujose šiluma perduodama dėl molekulių smūgių ir difùzijos. Difuzijos įtaka šilumos laidumui yra ryškiausia dujose. Jų molekulės yra toli viena nuo kitos, todėl susiduria rečiau ir lėčiau perduoda energiją viena kitai.

Šilumos laidumo reikšmė

Šilumos laidumo būdu medžiaga neperduodama iš vienos kūno dalies į kitą arba iš vienų kūnų į kitus.

Šilumos laidumas labai svarbus žmonių gyvenime. Kūnams apsaugoti nuo atšalimo ar perkaitimo naudojamos įvairios izoliacinės medžiagos (pranc. *isolation* — atskyrimas, išskyrimas), trukdančios perduoti šilumą laidumo būdu. Pavyzdžiui, kad butuose oras neatvėstų, stiklinami balkonai, dedami dvigubi ar trigubi langų stiklai. Tarp jų esantis oras yra labai geras šilumos izoliatorius. Kad nesušaltume, velkamės kailinius ir vilnonius drabužius, nes tarp jų pūkų ar vilnos gerai laikosi oras. Iš gerų šilumos

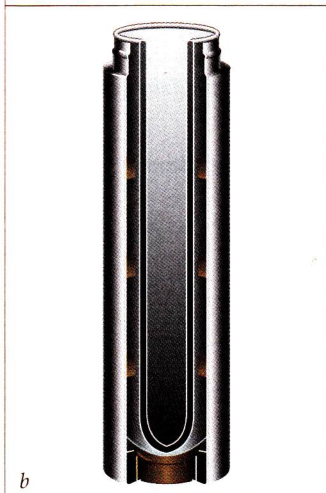
Tai įdomu !

Kiek kartų įvairios medžiagos šilumą praleidžia geriau negu oras:

Vakuumas (tuštuma)	0,0
Oras	1,0
Stiklo vata	2,0
Popierius	5,4
Medis	9,0
Vanduo	23
Stiklas	32
Geležis	2000
Aliuminis	9100
Varis	15 000



a



b

1.8 pav.

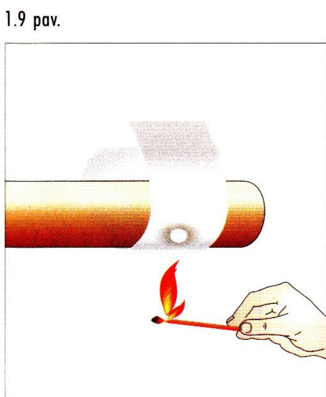


1.7 pav.

izoliatorių pagamintos keptuvių ar puodų rankenos neįkaista (1.7 pav.).

Geri šilumos laidininkai yra namų šildymo sistemos vamzdžiai, radiatoriai.

1.9 pav.



Užduotys

1. Tèrmosas — indas su dvigubomis sienelėmis, tarp kurių yra vakuumas, t. y. tuštuma (1.8 pav.). Kodėl termose laikomas karštas vanduo ilgai neatvėsta, o ledas netirpsta?

2. Prieš pilant karštą vandenį į stiklinę, patartina į ją įdėti šaukštelį. Kodėl?

3. Kodėl, geriant arbatą iš aliumininio puodelio, galima nudegti lūpas, o geriant iš porcelianinio — ne?

4. Kodėl medis atrodo šiltesnis už metalą?

5. Į medinį tašelį įsmeikite smeigtuką, apgaubkite jį popieriaus lapeliu ir iš tolo truputį pakaitinkite degtuko liepsna (1.9 pav.). Smeigtuką dengusi popieriaus dalis spalvos nepakeis, o kita paruduos. Kodėl?

6. Kuo geri šiaudiniai stogai vasarą ir žiemą?

7. Kodėl šaltą žiemos dieną žvirbliai yra papurę?

8. Kodėl 20 °C temperatūros oras žmogui atrodo pakankamai šiltas, o tokios pat temperatūros vanduo — vėsus?

9. Kodėl šaltosiose jūrose gyvenantys banginiai ir ruoniai po oda turi storą riebalų sluoksnį?

1.4. Konvekcija

Šilumą taip pat gali perduoti judėdami skysčiai ar dujos. **Šilumos perdavimas skysčių ar dujų srautais vadinamas konvèkcija** (lot. *convectio* — suvežimas, sunešimas).

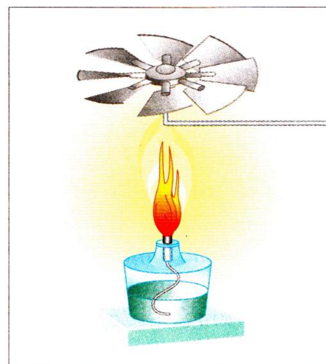
Konvekcijos rūšys

Konvekcija būna dviejų rūšių: **laisvóji** (natūralioji) ir **priverstìnė**.

Laisvoji konvekcija vyksta skysčiuose arba dujose, kai jų dalelės juda dėl skirtingos vienos ar kitos medžiagos temperatūros ir tankio įvairiose vietose. Konvekcija yra priverstinė, kai medžiagos dalelės juda dėl kokio nors išorinio poveikio, pavyzdžiui, siurblio, maišytuvo.

Kietuosiuose kūnuose, net ir šildomuose, konvekcija negali vykti, nes juose nesusidaro srautai.

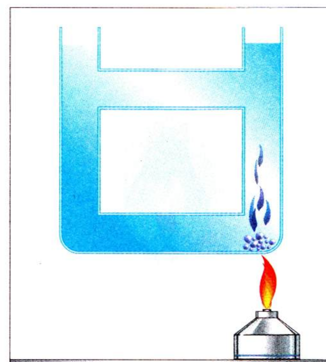
1 bandymas. 1.10 paveiksle pavaizduotą popierinį sukutį palaikykime virš degančios spiritinės lemputės. Nuo jos kylantis oro srautas sukutį suks. Stipriu šviesos šaltiniu (projekciniu aparatu, optiniu suoleliu) apšvietę šį oro srautą iš šono, ekrane matytume kylantį jo šešėlį.



1.10 pav.

2 bandymas. Į prietaisą konvekcijai demonstruoti (1.11 pav.) arba stiklinę kolbą įpilkime šalto vandens. Atsargiai nugramzdinkime į dugną kelis kalio permanganato grūdelius. Ties ta vieta kaitindami spiritine lempute indą, matome, kaip juda dažyto vandens srautai.

1.11 pav.



Stebėjome konvekcijos reiškinį, vykstantį netolygiai kaitinamame ore (dujose) ir vandenyje (skystyje). Šildoma oro ir vandens dalis išsiplėtė, sumažėjo jos tankis. Archimedo jėga, kuria šaltas oras ar vanduo stumia aukštyn šiltą orą ir vandenį, yra didesnė už šilto oro ar vandens svorį. Dėl to šildomi sluoksniai juda į viršų, kartu pernešdami šilumą. Maišantis šiltiems ir šaltiems sluoksniams, jų temperatūra po kurio laiko susilygina (jei kuris nors iš jų nuolat nešildomas).

Aptardami šilumos laidumo reiškinį, atlikome 1.5 paveiksle pavaizduotą bandymą. Remiantis juo, galima įsitikinti, kokiomis sąlygomis konvekcija nevyksta. Kaitinamas iš viršaus skystis apačioje ilgai nesušyla. Mat viršutiniai, lengvesni, sluoksniai negali nusileisti žemiau šaltų, sunkesnių.

Tai įdomu !

- *XIX amžiaus pabaigoje ir XX amžiaus pradžioje mūsų kaimuose buvo plačiai naudojamos žibalinės lempos (1.12 pav.). Jų veikimas pagrįstas konvekcijos reiškiniu.*
- *Ryškus priverstinės konvekcijos pavyzdys yra Gòlfo srovė — 10 000 km ilgio šiltųjų srovių sistema nuo Flòridos pusiasalio iki Špìcbergeno ir Naujõsios Žẽmės salų. Floridos sąsiauriu ji plukdo 25 000 000 m³/s vandens (20 kartų daugiau negu visos pasaulio upės kartu). Susiliejusi su šiltąja Antìlų srove, Golfo srovė plukdo 82 000 000 m³/s. Srovės greitis 6—10 km/h, plotis 75—120 km, gylis 700—800 m. Vandens paviršiaus vidutinė temperatūra 25—26 °C.*

Praktinė konvekcijos reikšmė

Puodai, arbatinukai, keptuvės visada šildomi iš apačios, o šaldytuvo šaldymo elementas įrengiamas viršuje.

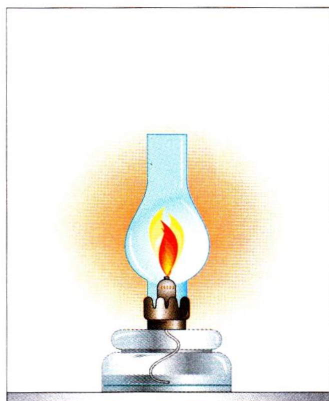
Centrinio šildymo radiatoriai patalpose montuojami netoli grindų, o orlaidės — viršutinėje lango dalyje.

Konvekcijos principu gali būti sumontuota nedidelių namų centrìnio šìldymo sistema (1.13 pav.). Katile šildomas vanduo plečiasi, jo tankis mažėja, ir šiltas vanduo vienais vamzdžiais kyla aukštyn, o atvėsęs kitais teka žemyn. Todėl šildymo sistemoje vanduo gali cirkuliuoti be siurblių.

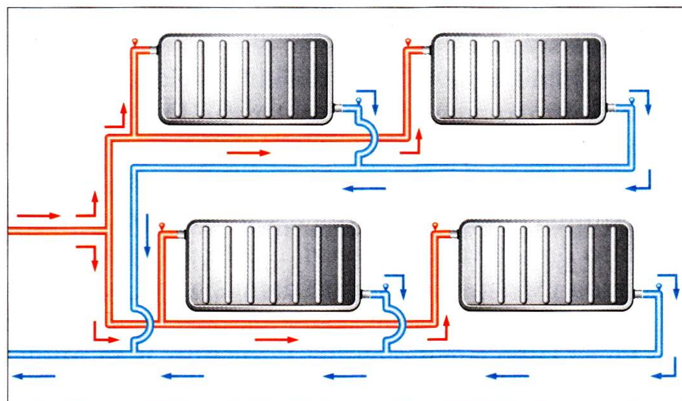
Konvekcijos būdu atmosferoje pernešami didžiuliai oro srautai, kartu ir milžiniški energijos kiekiai. Dėl konvekcijos atmosferoje susidaro debesys, iš kurių gali iškristi krituliai, vandenyne susimaišo vanduo, todėl pakilęs į viršų šiltesnis vanduo sušvelnina pajūrio klimatą.

Konvekcija pagrįstas ir krosnių kūrenimas. Kurui degti reikia oro deguonies, be to, būtina pašalinti

1.12 pav.



1.13 pav.



degimo produktus. Dėl to pakuroje turi būti gera trauka. Nedidelių katilinių ir krosnių dūmtraukiuose ji atsiranda dėl nevienodo dūmtraukio viduje esančių karštų dujų ir lauko oro tankio. Į krosnį srūvantis didesnio tankio šaltas oras tiekia deguonį ir stumia į viršų mažesnio tankio karštas dujas (veikia Archimedo jėga). Juo aukščiau virš pakuros iškilęs dūmtraukis, juo didesnė trauka. Dėl to kaminai ir statomi aukšti.

Užduotys

1. Ar keičiasi liepsnos kryptis, kraipant degančią žvakę į šoną?

2. Kodėl šildymo radiatoriai paprastai statomi po langais?

3. Kodėl virš radiatorių pajuoduoja sienos?

4. 1.14 paveiksle pateiktas virtuvės vaizdas ir nurodyta oro temperatūra palubėje ir palei grindis. Schemiškai pavaizduokite, kaip juda oro srautai virtuvėje.



1.14 pav.

5. XIV amžiuje Trākų pilies salėje įrengtas centrinis šildymas karštu oru. Kodėl iš plytų sumūryti kanalai buvo įrengti grindyse?

6. Kodėl žiemą dūmtraukiuose trauka didesnė negu vasarą?

7. Kodėl seniai kūrentos krosnies dūmtraukis silpnai traukia dūmus?

8. Kas daroma, kai karštą vasaros dieną nesiseka užkurti krosnį?

9. Kas atsitiktų, jeigu gyvenamosiose patalpose nevyktų konvekcija?

10. Ar galima konvekcija skysčiuose ir dujose nesvarumo sąlygomis, pavyzdžiui, dirbtiniuose Žemės palydovuose?

1.5. Šiluminis spinduliavimas

Tai įdomu !

- *Saulės spinduliuojamos energijos kiekis, kuris per vienetinį laiką patenka į vienetinį plotą, statmeną saulės spinduliams, vadinamas saulės konstanta ir yra lygus 1,4 kW/m².*

Saulės konstantą padauginę iš Žemės skerspjūvio ploto, gausime per sekundę į Žemę krintančios energijos dydį (galią):

$P = 1400 \cdot (6370 \cdot 10^3)^2 \times \times 3{,}14$ W $= 1{,}7 \cdot 10^{17}$ W.

Kaip pasiskirsto ši energija? 30 % jos atspindi Žemė, 47 % sugeria atmosfera, žemė, vandenys (dėl to jie įšyla), 23 % eikvojama vandeniui garinti, oro bei vandens srautams transportuoti ir tik mažytę jos dalelę — 10¹² W — suvartoja augalai.

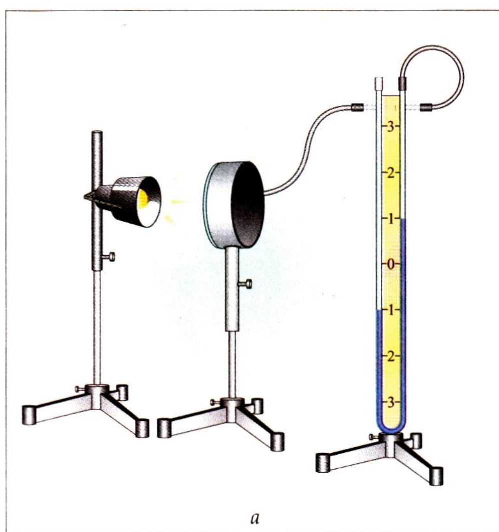
Erdvėje tarp Žemės atmosferos ir Saulės yra labai mažai medžiagos dalelių. Saulės šviesa ir šiluma sklinda į Žemę per beveik tuščią erdvę, todėl ji negali būti perduota šilumos laidumo ir konvekcijos būdu. O saulės spinduliai mus pasiekia. Taigi kaip Saulės energija perduodama Žemei?

Šilumos perdavimas ne medžiagomis vadinamas šiluminiù spinduliãvimu. Vėliau, mokydamiesi optikos, sužinosite, kad šilumos spinduliai yra tos pačios prigimties, kaip šviesa.

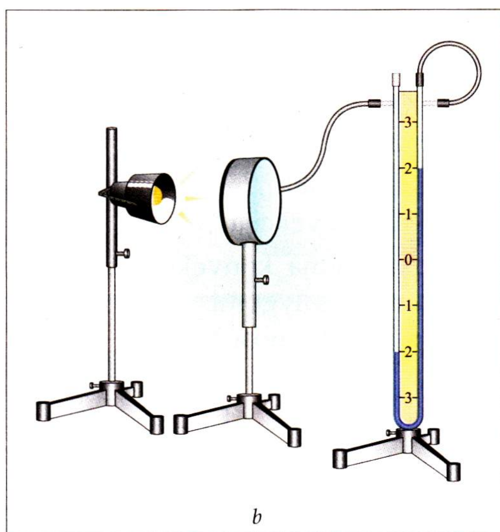
Spinduliai nėra nei šilti, nei šalti. Įšyla tik kūnai, į kuriuos jie krinta. Tamsūs kūnai didesnę jų dalį sugeria, šviesūs, ypač blizgantys, gerai atspindi.

1 bandymas. Plokščią plonasienę apskritą dėžutę (šilumos imtuvą), kurios viena pusė nudažyta juodai, o kita nupoliruota kaip veidrodis, gumine žarnele sujunkime su skysčio manometru. Jo atšakose skysčio lygis bus vienodas. Tada dėžutę pastatykime 20—30 cm atstumu nuo įkaitusio elektrinio šildytuvo taip, kad poliruota jos pusė būtų atsukta į šildytuvą (1.15 pav., *a*).

1.15 pav.



a



b

Skysčio stulpelis vienoje atšakoje nukris, kitoje — pakils, nes spinduliai sušildys dėžutėje esantį orą ir jis išsiplės. Atsukę į šildytuvą kitą dėžutės pusę (1.15 pav., *b*), matysime, kad skysčio stulpelis kairiojoje atšakoje nukrinta labiau, vadinasi, juoda dėžutės pusė sugeria daugiau energijos.

2 bandymas. Lęšiu surinkime saulės spindulius viename popieriaus lakšto taške. Po kurio laiko popierius patamsėja, pradeda rūkti ar užsidega.

3 bandymas. Juodų ir blizgančių paviršių spinduliavimą palyginkime pakartodami truputį pakeistą pirmąjį bandymą. Elektrinį šildytuvą pakeiskime pilna verdančio vandens metaline dėžute, kurios vienas šonas juodas, kitas — blizgantis. Sukiodami tai vieną, tai kitą jos pusę į šilumos imtuvą, matome, kad manometro rodmenys skiriasi. Manometro stulpelyje skystis pakyla labiau, kai spinduliuoja juodas dėžutės paviršius.

Spindulius skleidžia, arba spinduliuoja, ne tik įkaitusi krosnis, deganti elektros lemputė, bet ir gyvūnai, žmonės. Juo aukštesnė kūno temperatūra, juo intensyviau jis spinduliuoja.

Kūnų savybė nevienodai skleisti ir sugerti spindulius taikoma praktikoje. Arbatinukai gaminami blizgančiu paviršiumi, oro balionai bei lėktuvai dažomi sidabrine spalva, žiemą dažniau vilkima tamsiais, o vasarą — šviesiais drabužiais.

Tai įdomu ! !

• *Tarp 38° šiaurės platumos ir 38° pietų platumos Žemė gauna daugiau energijos, negu jos išspinduliuoja. Poliarinėse srityse ji daugiau išspinduliuoja, negu gauna. Dėl to atogrąžų sričių temperatūra turėtų nuolat kilti, o poliarinių — kristi. Tačiau vėjai atogrąžų sričių šilumą padalija kitoms Žemės sritims.*

Užduotys ? ?

1. Kodėl karštą dieną nuo saulės spindulių galima pasislėpti pavėsyje?

2. Jūs stovite prie laužo. Įrodykite, kad laužo skleidžiama šiluma jus pasiekia spinduliavimo būdu.

3. Kai šalta, katės miega susirietusios. Kodėl?

4. Viena elektrinė laidynė įkaitusi iki 300 °C, kita — iki 350 °C. Kuri spinduliuoja labiau?

5. Pusryčiams išsivirėte kavos. Norite ją užbaltinti pienu ir šiek tiek atvėsinti. Kada geriau įpilti pieno — iš karto ar prieš geriant?

6. Kodėl lauko termometrus reikia kabinti šiaurinėje namo pusėje?

7. Kodėl purvinas sniegas saulėtą dieną tirpsta greičiau negu švarus?

8. Yra du vienodo skysčio pripildyti termometrai. Vieno jų rezervuaras nudažytas juodai. Abu termometrai dedami į šaldytuvą. Kuris termometras greičiau pradės rodyti žemesnę temperatūrą?

9. Erdvėlaivis įšyla dėl trinties ir nuo saulės spindulių. Kuris įšilimo būdas vyrauja erdvėlaiviui skriejant didesniame aukštyje, kuris — mažesniame?

10. Kokiais būdais atiduoda šilumą vėstantis kambarys?

11. Ar pasikeis oro baliono skridimo aukštis, jei jis karštą dieną pateks į debesų šešėlį?

1.6. Šilumos kiekis

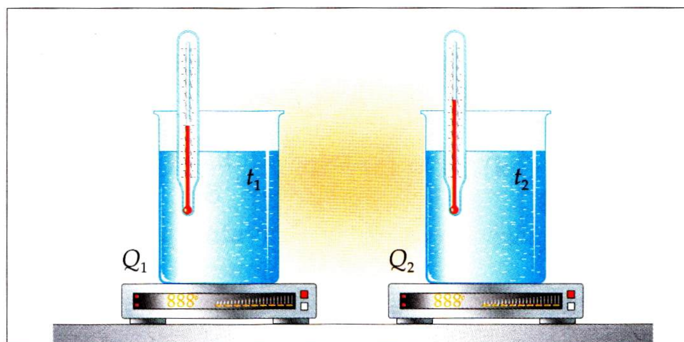
Įsitikinome, kad šilumos netenkančių ar jos gaunančių kūnų vidinė energija kinta — mažėja arba didėja. **Vidinės energijos kiekis, kurį kūnas gauna arba kurio netenka šilumos perdavimo būdu, vadinamas šilumõs kiẽkiu.** Kaip ir bet kurios kitos rūšies energijos, šilumos kiekio matavimo vienetas yra *džáulis* (J). Praktikoje vartojami ir kartotiniai vienetai: *kilodžáulis* (kJ), *megadžáulis* (MJ).

Šilumos kiekio sąvoka nevartojama tada, kai kalbama apie vidinės kūno energijos pakitimą dėl atlikto darbo.

Vidinės kūnų energijos kitimas

Schemiškai pavaizduokime dviejų kūnų vidinės energijos kitimą, kai vienas kūnas, kurio vidinė energija U_1, atiduoda, o kitas, kurio vidinė energija U_2, gauna šilumos kiekį Q (čia Q lygus kūnų vidinės energijos pokyčiui). Rodyklė žymi energijos perdavimo kryptį.

I kūnas		II kūnas
U_1		U_2
$U_1 - Q$	$\xrightarrow{Q}$	$U_2 + Q$
$U_1 + Q$	$\xleftarrow{Q}$	$U_2 - Q$



1.16 pav.

Tik perduodant šilumą, šių dviejų kūnų bendra vidinė energija nekinta.

Nuo ko priklauso kaitinamų kūnų gaunamos ir vėstančių netenkamos vidinės energijos kiekis?

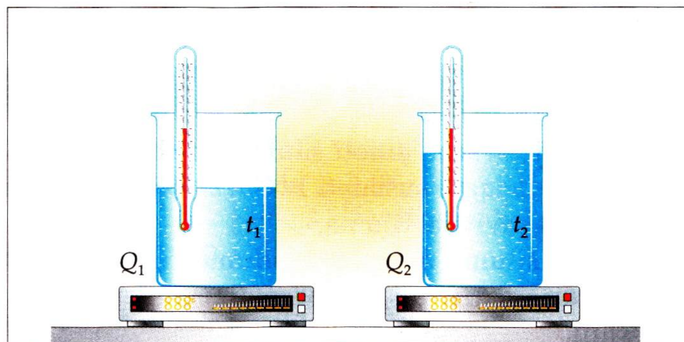
1 bandymas. Į dvi chemines stiklines įpilkime po tiek pat vienodos temperatūros šalto vandens ir šildykime jas vienodomis elektrinėmis viryklėlėmis (1.16 pav.). Vienoje stiklinėje esantį vandenį pakaitinkime maždaug iki $t_1 = 40$ °C, kitoje — iki $t_2 = 60$ °C. Antroje stiklinėje vanduo kaito ilgiau — jam sušildyti iki aukštesnės temperatūros reikėjo daugiau šilumos.

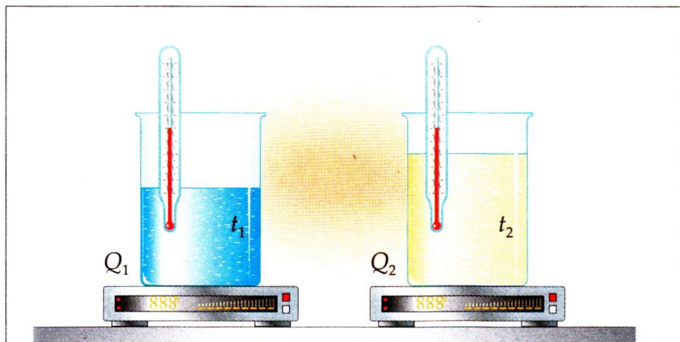
Taigi *šilumos kiekis, kurio reikia kūnui sušildyti, priklauso nuo to kūno temperatūros pokyčio.*

2 bandymas. Į vieną stiklinę įpilkime daugiau tokios pat temperatūros vandens negu į kitą. Norėdami vandens temperatūrą abiejose stiklinėse pakelti vienodai (1.17 pav.), turėsime didesnį vandens kiekį kaitinti gerokai ilgiau.

Taigi *šilumos kiekis priklauso ir nuo šildomo kūno masės.*

1.17 pav.





1.18 pav.

3 bandymas. Į vieną stiklinę įpilkime vandens, o į kitą — tokios pat masės ir temperatūros aliejaus (1.18 pav.). Kaitindami stiklines, pamatysime, kad aliejaus temperatūra kyla sparčiau negu vandens. Norint vandens ir aliejaus temperatūrą pakelti vienodai, vandenį teks šildyti ilgiau — reikės ir daugiau šilumos.

Vadinasi, *šilumos kiekis, reikalingas vienodos masės kūnams tiek pat sušildyti, priklauso nuo tų kūnų medžiagos.*

Apibendrinkime bandymų rezultatus:

1 bandymas		2 bandymas		3 bandymas	
Vanduo	Vanduo	Vanduo	Vanduo	Vanduo	Aliejus
$m_1 = m_2$		$m_1 < m_2$		$m_1 = m_2$	
$t_1 < t_2$		$t_1 = t_2$		$t_1 < t_2$	
$Q_1 < Q_2$		$Q_1 < Q_2$		$Q_1 = Q_2$	

Galime tvirtinti, kad **šilumos kiekis, kurio reikia kūnui sušildyti (vidinei jo energijai pakeisti), priklauso nuo to kūno medžiagos, jo masės ir temperatūros pokyčio.**

Savitoji šiluma

Praktikoje svarbu žinoti šilumos kiekį, kurio reikia 1 kg medžiagos sušildyti 1 °C. Tas šilumos kiekis vadinamas **savitąja šiluma**.

Savitoji šiluma rodo, kiek šilumos reikia vieno kilogramo medžiagos temperatūrai pakelti vienu laipsniu.

Iš apibrėžimo nesunku sužinoti, kam lygus savitosios šilumos matavimo vienetas. Savitąją šilumą pažymėję raide *c*, gauname:

$$[c]=1\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^{\circ}\text{C}},\ \text{arba}\ [c]=1\ \text{J/(kg}\cdot{}^{\circ}\text{C)}.$$

Skaitome: *c* matavimo vienetas yra *džáulis kilogrãmui Celsijaus láipsniui.*

Kai kurių medžiagų savitoji šiluma

Medžiaga	Savitoji šiluma, J/(kg · °C)	Medžiaga	Savitoji šiluma, J/(kg · °C)
Auksas	130	Plytos	750
Gyvsidabris	140	Stiklas	840
Švinas	140	Betonas	880
Alavas	250	Aliuminis	920
Sidabras	250	Oras	1000
Varis	400	Aliejus	1700
Cinkas	400	Ledas	2100
Žalvaris	400	Žibalas	2100
Geležis	460	Eteris	2350
Plienas	500	Ąžuolas	2400
Ketus	540	Alkoholis	2500
Grafitas	750	Vanduo	4200

Užduotys ??

1. Suformuluokite savitosios šilumos apibrėžimą, kai atitinkamos medžiagos 1 kg masės kūnas atvėsta 1 °C.

2. Kokie energijos virsmai vyksta, į karštą vandenį įdėjus šaltą kūną?

3. Kodėl tik pagal temperatūros pokytį negalima spręsti apie kūno gautą šilumos kiekį?

4. Kam reikia daugiau šilumos: aliumininiam puodui ar jame esančiam vandeniui sušildyti? Puodo ir vandens masė vienoda.

5. 1 kg masės švininis, žalvarinis ir plieninis ritiniai atvėso 1 °C. Keliais džauliais ir kaip pakito kiekvieno ritinio vidinė energija?

6. Kodėl žiemą maži ir seklūs ežerai užšąla greičiau negu dideli ir gilūs?

Tai įdomu ! !

• *Iš lentelės matyti, kad ypač didelė vandens savitoji šiluma.*

Didelę gyvų organizmų masės dalį sudaro vanduo. Jo savitoji šiluma neleidžia labai svyruoti jų kūno temperatūrai, kai smarkiai kinta aplinkos temperatūra.

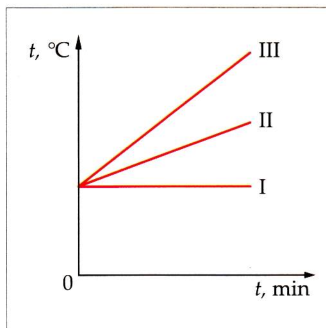
• *Žinome, kad labai skiriasi jūrinis ir žemyninis klimatas. Dėl didelės vandens savitosios šilumos (ir masės) jūros vasarą sukaupia daug vidinės energijos, nors jų vanduo smarkiai ir neįšyla. Ši energija žiemą atiduodama Žemei. Dėl to prie jūros žiemos ir vasaros temperatūra mažiau skiriasi.*

Žemynai dėl mažesnės savitosios šilumos sukaupia mažiau energijos, todėl žiemą jos mažiau ir atiduoda. Žiemos ir vasaros temperatūra gerokai skiriasi.

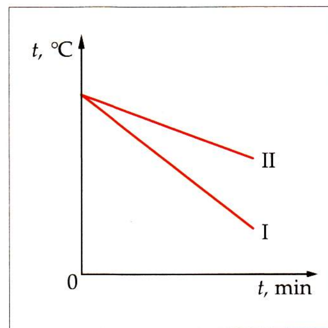
Lygiai taip pat galima paaiškinti dienos ir nakties temperatūrų skirtumus jūrinio ir žemyninio klimato srityse.

• *Dėl didelės vandens savitosios šilumos labai reikšminga klimatui Golfo srovė* *(žr. p. 18)**. Šios srovės vandens temperatūra tik keliais laipsniais skiriasi nuo jūros vandens. Tačiau Golfo srovė perneša labai daug šilumos. Todėl Norvègija ir Lietuvà turi neužšąlančius uostus.*

• *Dėl didelės savitosios šilumos vanduo naudojamas namų šildymo sistemoje (radiatoriuose), šiluminiams varikliams aušinti.*



1.19 pav.



1.20 pav.

7. Kodėl gerokai žemesnės temperatūros krosnis prišildo kambarį geriau negu smarkiai įkaitinta laidynė?

8. Tokiomis pačiomis elektrinėmis viryklėmis buvo šildomi vienodos masės aliumininis, plieninis ir varinis kūnai. Kuris grafikas (1.19 pav.) vaizduoja aliuminio, kuris — plieno, kuris — vario šilimą?

9. 1.20 paveiksle pavaizduoti dviejų vienodos masės, bet iš skirtingų (vienodo šilumos laidumo) medžiagų padarytų kūnų vėsimo grafikai. Kurio kūno savitoji šiluma mažesnė?

1.7. Šilumos kiekio apskaičiavimas

Susipažinome su savitąja medžiagų šiluma. Dabar galime apskaičiuoti šilumos kiekį, reikalingą bet kokios masės kūno temperatūrai pakelti 1 °C. Tačiau kartais ją reikia padidinti ne 1 °C, o gerokai daugiau. Trumpai tokią užduotį galime suformuluoti taip.

Kūno masė *m*, jo medžiagos savitoji šiluma *c*. Kiek šilumos reikia suteikti kūnui, kad jo temperatūra pakiltų nuo t_1 iki t_2?

Šį uždavinį išspręsime samprotaudami taip:

1 kg	šios	medžiagos	temperatūrai	pakelti	1 °C	reikia	$c \cdot 1\ \text{kg} \cdot 1\ °\text{C}$	šilumos,
m kg	„	„	„	„	1 °C	„	$c \cdot m \cdot 1\ °\text{C}$	„ ,
m kg	„	„	„	„	nuo t_1 iki t_2	„	$c \cdot m(t_2 - t_1)$	„ .

Tai galima užrašyti formule

$$Q = cm(t_2 - t_1).$$

Ja toliau remsimės apskaičiuodami šilumos kiekį, kurį gauna kūnas. Formulę taikysime ir tada, kai kūnas ne gauna, o atiduoda šilumą ir dėl to vidinė jo energija mažėja.

Taigi *norint apskaičiuoti šilumos kiekį, kurį kūnas gauna šildamas arba atiduoda aušdamas, reikia savitąją medžiagos šilumą padauginti iš kūno masės ir jo temperatūrų skirtumo.*

Perduodant šilumą, dažnai tenka lyginti vienų kūnų atiduotą šilumos kiekį su kitų gautu (vienų sumažėjusią vidinę energiją su kitų padidėjusia). Pateikiame tokių uždavinių sprendimo pavyzdžių.

1 uždavinys. Inde yra 100 g 20 °C temperatūros vandens. Į jį įpylus 100 °C temperatūros vandens, inde nusistovėjo 75 °C temperatūra. Kiek įpilta karšto vandens? Indo įšilimo ir kitų energijos nuostolių nepaisykite.

Šaltas vanduo	Karštas vanduo
$m_1 = 100$ g	m_2 — ?
$t_1 = 20$ °C	$t_3 = 100$ °C
$t_2 = 75$ °C	$t_2 = 75$ °C
$c = 4200$ J/(kg · °C)	
m_2 — ?	

Sprendimas

Šaltas vanduo gavo šilumos kiekį[1]

$$Q_1 = cm_1(t_2 - t_1);$$

$Q_1 = 4200$ J/(kg · °C) · 0,1 kg · (75 – 20) °C = = 23 100 J.

Karštas vanduo atidavė šilumos kiekį

$$Q_2 = cm_2(t_3 - t_2);$$

čia nežinoma karšto vandens masė m_2. Nepaisydami indo įšilimo ir kitų energijos nuostolių, galime teigti, kad karšto vandens atiduotas šilumos kiekis Q_2 lygus šalto vandens gautam šilumos kiekiui Q_1, t. y.

$$Q_1 = Q_2, \text{ arba } Q_1 = cm_2(t_3 - t_2).$$

[1] Dažnai, užuot sakius „kūnas gauna šilumos kiekį“, trumpiau sakoma „kūnas gauna šilumos“.

Tai įdomu ! !

• *Šilumos kiekis ilgą laiką buvo matuojamas kalòrijomis (lot.* calor *— šiluma), kurios sutrumpintai žymimos cal.*

1 cal = 4,1868 J ≈ 4,2 J.

• *1 kalorija lygi šilumos kiekiui, kurio reikia vienam gramui vandens sušildyti vienu laipsniu: nuo 19,5 °C iki 20,5 °C.*

Taigi

$$m_2 = \frac{Q_1}{c(t_3 - t_2)}.$$

Apskaičiuojame skaitinę m_2 vertę:

$$m_2 = \frac{23100\ \text{J}}{4200\ \text{J/(kg}\cdot{}^\circ\text{C)}\cdot(100-75)\ {}^\circ\text{C}} = 0{,}22\ \text{kg}.$$

Šį uždavinį galima išspręsti ir paprasčiau. Žinodami, kad karšto vandens atiduotas šilumos kiekis yra lygus šalto vandens gautam šilumos kiekiui, galime parašyti:

$$Q_2 = Q_1,$$

$$cm_2(t_3 - t_2) = cm_1(t_2 - t_1),$$

$$m_2 = \frac{m_1(t_2 - t_1)}{t_3 - t_2}.$$

Įrašę skaitines žinomų dydžių vertes, gautume tą pačią masės m_2 vertę:

$$m_2 = \frac{0{,}1\ \text{kg}(75-20)\ {}^\circ\text{C}}{(100-75)\ {}^\circ\text{C}} = 0{,}22\ \text{kg}.$$

Atsakymas. $m = 0{,}22$ kg.

2 uždavinys. Puode yra 3 kg 10 °C temperatūros vandens. Kokia bus jo temperatūra, jei į puodą dar įpilsime 2 kg verdančio vandens?

$m_1 = 3$ kg
$m_2 = 2$ kg
$t_1 = 10$ °C
$t_2 = 100$ °C
$c = 4200$ J/(kg · °C)

t_3 — ?

Sprendimas

Šaltas vanduo gavo šilumos kiekį

$Q_1 = cm_1(t_3 - t_1)$,

karštas vanduo atidavė šilumos kiekį

$Q_2 = cm_2(t_2 - t_3)$.

Jei neatsižvelgsime į nuostolius, gausime:

$$Q_1 = Q_2,$$

$$cm_1(t_3 - t_1) = cm_2(t_2 - t_3),\ |:c$$

$$m_1t_3 - m_1t_1 = m_2t_2 - m_2t_3,$$

$$m_1t_3 + m_2t_3 = m_1t_1 + m_2t_2,$$

$$(m_1 + m_2)t_3 = m_1t_1 + m_2t_2,$$

$$t_3 = \frac{m_1t_1 + m_2t_2}{m_1 + m_2}.$$

Įrašykime skaitines dydžių vertes:

$$t_3 = \frac{3\ \text{kg} \cdot 10\ °\text{C} + 2\ \text{kg} \cdot 100\ °\text{C}}{3\ \text{kg} + 2\ \text{kg}} = 46\ °\text{C}.$$

Atsakymas. $t_3 = 46$ °C.

Užduotys

1. Kiek šilumos reikia 1 kg švino pašildyti 1 °C?

2. 600 g masės plieninis strypas įkaitintas nuo 20 °C iki 1020 °C. Kiek padidėjo vidinė strypo energija?

3. Kiek vidinės energijos neteks aušdamas nuo 100 °C iki 20 °C 10 l kibiras vandens?

4. Plãtelių ežero paviršiaus plotas 12,1 km^2, vidutinis gylis 10,4 m. Kiek šilumos išskirs ežero vanduo, rudenį atvėsdamas 10 °C?

5. 200 g 60 °C temperatūros vandens sumaišyta su 300 g 20 °C temperatūros vandens. Kokia yra mišinio temperatūra?

6. 6 kg 8 °C temperatūros vandens sumaišyta su 2 kg karšto vandens, kurio temperatūra 80 °C. Kokia yra mišinio temperatūra?

7. Vonioje yra 100 l 15 °C temperatūros vandens. Kiek 60 °C vandens reikia įpilti į vonią, kad vandens temperatūra joje pakiltų iki 35 °C?

8. Kiek vandens galima pakaitinti 10 °C, sunaudojant 84 kJ šilumos?

9. Keliais laipsniais pakils stiklinės vandens temperatūra, suteikus jam 2100 J šilumos? Stiklinės tūris 250 cm^3.

10. Iš kokio aukščio turėtų kristi 1 l vandens, kad jo temperatūra pakiltų 1 °C (potencinė energija be nuostolių virsta vidine energija)?

11. Į kibirą, kuriame buvo 9 °C temperatūros šalto vandens, įpilta 1,5 kg verdančio vandens. Galiausiai nusistovėjo 30 °C temperatūra. Kiek vandens kibire buvo iš pradžių?

12. Šlifavimo staklėmis apdirbant 10 kg masės plieninę detalę, atliktas 600 kJ darbas. 40 % jo panaudota detalei įkaitinti. Kiek laipsnių įkaito apdirbama detalė?

1-asis laboratorinis darbas. Kietojo kūno savitosios šilumos apskaičiavimas

Priemonės: 1) metaliniai ritinėliai; 2) kalorimètras; 3) termometras; 4) svarstyklės; 5) svarsčiai; 6) stiklinė su šaltu vandeniu; 7) indas su verdančiu vandeniu; 8) matavimo cilindras; 9) sugeriamasis popierius.

Pastaba. Kalorimetras — tai prietaisas, sudarytas iš dviejų vienas į kitą įstatytų indų, tarp kurių yra oro tarpas. Dėl mažos šilumos apykaitos tarp įpilto į vidinį indą skysčio ir aplinkos naudojamas šiluminiams reiškiniams tirti.

Darbo eiga

1. Įpilkite į vidinį kalorimetro indą apie 150 g kambario temperatūros vandens.
2. Išmatuokite jo temperatūrą.
3. Mokytojas verdančiame vandenyje pakaitina metalinius ritinėlius, išmatuoja vandens temperatūrą ir išdalija karštus ritinėlius mokiniams.
4. Karštą ritinėlį įdėkite į kalorimetrą, palaukite, kol vandens temperatūra jame nusistovės, ir išmatuokite ją.
5. Išimkite iš vandens ritinėlį, jį nušluostykite ir svarstyklėmis išmatuokite jo masę.
6. Matavimo duomenis užsirašykite sąsiuvinyje.
7. Apskaičiuokite metalo, iš kurio padarytas ritinėlis, savitąją šilumą:

a) šaltas vanduo kalorimetre gavo iš karšto ritinėlio šilumos kiekį

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1);$$

čia c_1 — savitoji vandens šiluma, m_1 — kalorimetre esančio vandens masė, t_1 — šalto vandens temperatūra, t_2 — įšilusio vandens temperatūra;

b) metalinis ritinėlis vėsdamas atidavė vandeniui šilumos kiekį

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_3 - t_2);$$

čia c_2 — savitoji ritinėlio metalo šiluma, m_2 — ritinėlio masė, t_3 — karšto ritinėlio temperatūra, t_2 — vandenyje atvėsusio ritinėlio temperatūra;

c) šilumos kiekis, kurį gavo kalorimetre esantis vanduo, lygus vėstančio ritinėlio atiduotam šilumos kiekiui (kalorimetro įšilimo ir šilumos atidavimo aplinkai nepaisykite), t. y.

$$Q_1 = Q_2,$$

arba

$$c_1 m_1 (t_2 - t_1) = c_2 m_2 (t_3 - t_2).$$

Šios lygties nežinomasis yra savitoji ritinėlio metalo šiluma c_2:

$$c_2 = \frac{c_1 m_1 (t_2 - t_1)}{m_2 (t_3 - t_2)}.$$

Į gautą lygtį įrašykite per bandymą išmatuotų fizikinių dydžių vertes ir apskaičiuokite savitąją metalo šilumą c_2. Rezultatą palyginkite su lentelės (žr. p. 25) duomenimis.

Užduotys ??

1. 10 kg masės įkaitęs akmuo, ataušdamas vandenyje 2 °C, atiduoda jam 16,8 kJ energijos. Kokia yra akmens savitoji šiluma?

2. Kiek laipsnių sušils 15 °C temperatūros šaltas vanduo, kai jį sumaišysime su tokiu pat kiekiu karšto vandens, kurio temperatūra 85 °C?

1.8. Kuro degimo šiluma

Šilumos šaltiniai

Šilumos šaltiniai gali būti įvairūs. Žemę daugiausia šildo Saulė. Tačiau šilumą skleidžia ir vulkanai (lot. *Vulcanus* — romėnų ugnies dievas) bei geizeriai (island. *geysa* — trykšti). Labai daug jos išskiria degdamas kuras — anglys, benzinas, gamtinės dujos, durpės, malkos ir kt.

Kad kuras pradėtų skleisti šilumą, jį reikia pakaitinti iki užsidegimo temperatūros. Degant medžiagai, ryšiai tarp ją sudarančių dalelių nutrūksta (tam naudojama šiluma). Atsiskyrusios dalelės tuoj pat sudaro naujus junginius su deguonimi. Tuo metu išsiskiria šiluma.

Tai įdomu ! !

• Svarbūs kokybiniai kuro rodikliai yra kaitrumas, peleningumas ir drėgnumas. Kaitrumas — tai aukščiausia kuro degimo temperatūra, pavyzdžiui: medienos ji yra 1600—1700 °C, durpių — 1500—1600 °C, akmens anglių — 2000—2100 °C, benzino — 2100 °C.

Tų pačių medžiagų drėgnumas siekia: medienos — 30—40 %, durpių — 40—50 %, akmens anglių — 5—15 %, benzino — 0 %.

Drėgną ir peleningą kurą toli vežti neapsimoka, todėl jis suvartojamas arti gavimo vietos. Tai durpės ir malkos.

• Lietuvoje kurui plačiai naudojamos malkos. Ąžuolo, sodo medžių jos yra kietos, beržo, uosio ir klevo — pusiau kietos, eglės, liepos ir drebulės — minkštos. Geriausiomis laikomos kietos malkos.

Malkų kaitrumas priklauso nuo jose esančio vandens kiekio. Kurui naudojamų malkų drėgnumas turi būti tik 15—20 %. Tinkamiausias laikas kirsti medžius malkoms yra žiema. Tada medžiai turi mažiausiai vandens (apie 35 %). Pavasarį kirstų medžių drėgnumas būna apie 50 %.

Kuro degimo šiluma

Mums reikia tiksliai žinoti, kiek šilumos gali išskirti degdamas kuras. Norėdami palyginti įvairių rūšių kurą, turime nustatyti, kiek šilumos išsiskiria visiškai sudegus vienodam jo kiekiui. Palyginimui imamos įvairios kurui naudojamos medžiagos, kurių masė vienetinė.

Šilumos kiekis, kurį išskiria visiškai sudegdamas 1 kg kuro, vadinamas kùro degìmo šìluma.

Kuro degimo šiluma žymima raide q. Jos matavimo vienetas yra *džáulis kilogrãmui*:

$$[q] = 1\ \text{J/kg}.$$

Žinodami, kiek šilumos išskiria sudegdamas 1 kg kuro, galime apskaičiuoti bet kurio jo kiekio išskiriamą šilumą:

$$Q = qm.$$

Visiškai sudegdamas kuras išskiria šilumos kiekį (Q), lygų kuro degimo šilumos (q) ir sudegusio kuro masės (m) sandaugai.

Kai kurių rūšių kietojo, skystojo ir dujinio kuro degimo šiluma

Medžiaga	Degimo šiluma, J/kg	Medžiaga	Degimo šiluma, J/kg
Parakas	$0{,}38 \cdot 10^7$	Medžio anglys	$3{,}4 \cdot 10^7$
Sausos malkos	$1{,}0 \cdot 10^7$	Gamtinės dujos	$4{,}4 \cdot 10^7$
Durpės	$1{,}4 \cdot 10^7$	Nafta	$4{,}4 \cdot 10^7$
Akmens anglys	$2{,}7 \cdot 10^7$	Žibalas	$4{,}6 \cdot 10^7$
Alkoholis	$2{,}7 \cdot 10^7$	Benzinas	$4{,}6 \cdot 10^7$
Antracitas	$3{,}0 \cdot 10^7$	Vandenilis	$12 \cdot 10^7$

Užduotys

1. Kodėl medinę skalą galima uždegti vienu degtuku, o pliauskos — ne?

2. Norėdami užgesinti degtuką ar žvakę, į liepsną smarkiai pučiame. Kodėl?

3. Ant metalinės plokštės padėta įkaitusi žarija greitai gęsta, o ant medinės — smilksta. Kodėl?

4. Kiek šilumos išskiria visiškai sudegdamos 2 t žibalo?

5. Kiek šilumos išskiria visiškai sudegdamas benzinas, kurio tūris 20 l?

6. Sudegus 6 kg parako, išsiskyrė 22 800 kJ šilumos. Kokia parako degimo šiluma?

7. Koks kiekis durpių gali pakeisti 1 t akmens anglių, kad sudegdamas išskirtų tiek pat šilumos?

8. Kiek reikia sudeginti antracito, norint gauti 75 MJ šilumos?

9. Kiek vandens galima sušildyti 50 °C, sudeginus 100 g benzino?

10. Kiek 50 °C temperatūros vandens galima sušildyti iki 75 °C, sudeginus 1 kg durpių? Atsižvelkite į tai, kad visa degant durpėms išsiskyrusi šiluma kaitina tik vandenį.

11. Keliais laipsniais pakils 10 kg vandens temperatūra, sudeginus 10 g žibalo? Tarkite, kad visa išsiskyrusi šiluma šildo tik vandenį.

Skyriaus „Vidinė kūnų energija ir jos kitimas" santrauka

Šiluminis judėjimas	Kūną sudarančių dalelių netvarkingas judėjimas vadinamas šiluminiu judėjimu.
Vidinė energija	Kūną sudarančių dalelių netvarkingo judėjimo (kinetinė) ir sąveikos (potencinė) energija vadinama vidine energija. Vidinė kūnų energija kinta: • atliekant darbą; • perduodant šilumą: — šilumos laidumu, — konvekcija, — šiluminiu spinduliavimu.

Šilumos perdavimo (plitimo) būdai

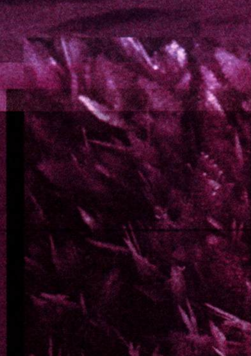
Šilumos laidumas	Konvekcija	Šiluminis spinduliavimas
Šiluma plinta kietaisiais kūnais, skysčiais ir dujomis	Šilumą perneša skysčių ir dujų srautai	Nereikia jokių kūnų; šiluma plinta ne per medžiagas
Yra geri ir blogi šilumos laidininkai; šiluma perduodama iš tų vietų, kur temperatūra aukštesnė, į tas vietas, kur ji žemesnė	Šilumą galima perduoti vamzdžiais	Tamsūs kūnai matiniu paviršiumi didesnę dalį spindulių sugeria, todėl įšyla; kūnai šviesiu ir blizgančiu paviršiumi didesnę dalį spindulių atspindi

Šilumos kiekis $Q = cm(t_2 - t_1)$ $[Q] = 1$ J	Vidinės energijos kiekis, kurį kūnas gauna arba kurio netenka šilumos perdavimo būdu, vadinamas šilumos kiekiu. Norint apskaičiuoti šilumos kiekį, kurį kūnas gauna šildamas arba atiduoda aušdamas, reikia savitąją medžiagos šilumą padauginti iš kūno masės ir jo temperatūrų skirtumo.
Savitoji šiluma $[c] = 1$ J/(kg · °C)	Savitoji šiluma rodo, kiek šilumos reikia vieno kilogramo medžiagos temperatūrai pakelti vienu laipsniu.
Kuro degimo šiluma $[q] = 1$ J/kg $Q = qm$ $[Q] = 1$ J	Šilumos kiekis, kurį išskiria visiškai sudegdamas 1 kg kuro, vadinamas kuro degimo šiluma. Visiškai sudegdamas kuras išskiria šilumos kiekį, lygų kuro degimo šilumos ir sudegusio kuro masės sandaugai.

Š i l u m a





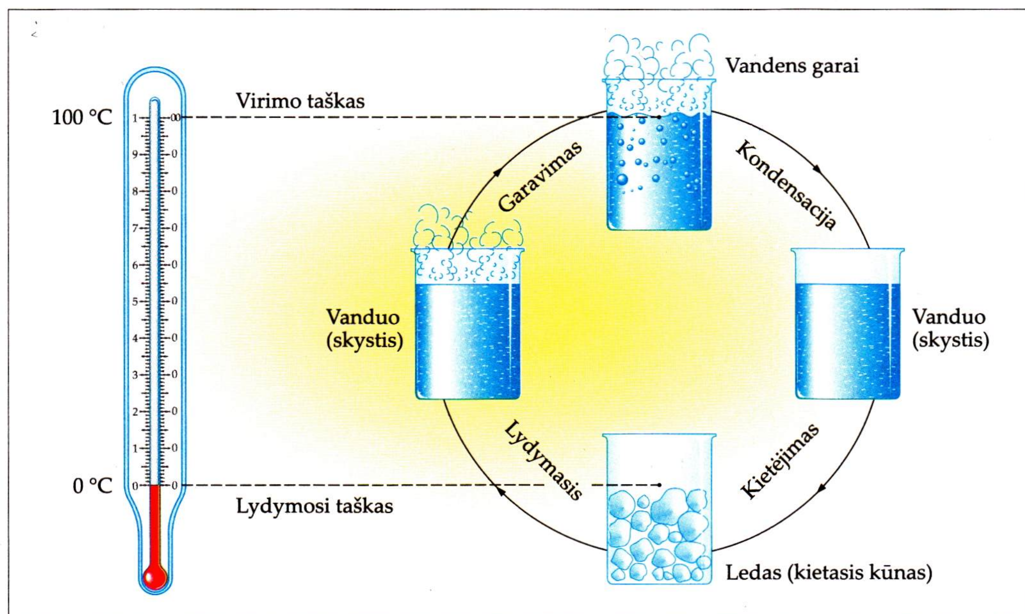


2 Medžiagos agregatinių būsenų kitimas

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- agregatinėmis medžiagos būsenomis: kietąja, skystąja, dujine;
- būsenų kitimo reiškiniais: lydymusi, kietėjimu, garavimu, kondensacija, virimu;
- temperatūra: lydymosi, kietėjimo, virimo;
- lydymosi šilumos bei savitosios lydymosi šilumos sąvokomis;
- garavimo šilumos bei savitosios garavimo šilumos sąvokomis.

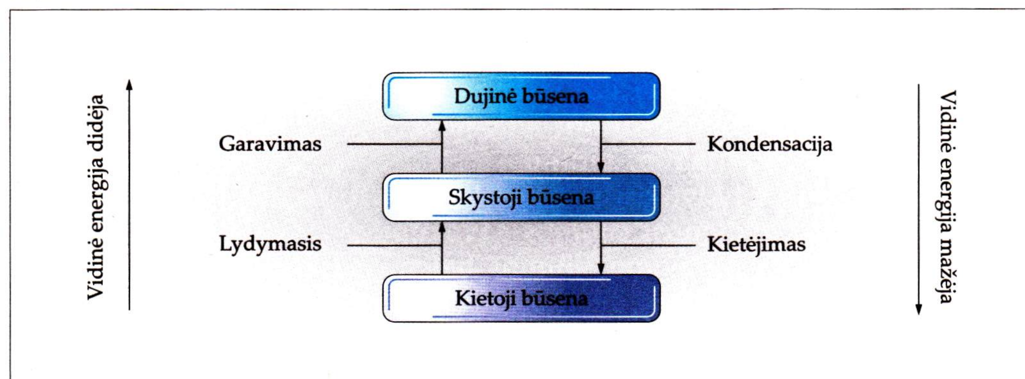
2.1. Medžiagos agregatinės būsenos



2.1 pav.

Jau susipažinome su trimis medžiagos būsenomis — kietąja, skystąja ir dujine. Jos dar vadinamos **agregãtinėmis** (lot. *aggregatus* — prijungtas). Ryškus medžiagos agregatinių būsenų kitimo pavyzdys yra vandens virsmai (2.1 pav.).

2.2 pav.



Vis dėlto ne tik vanduo, bet ir daugelis kitų medžiagų, kintant temperatūrai, gali būti trijų agregatinių būsenų. Bendroji agregatinių virsmų schema parodyta 2.2 paveiksle.

Visas agregatines būsenas ir jų kitimus aptarsime iš eilės. Išsiaiškinsime, kokiomis sąlygomis medžiaga yra vienokios ar kitokios būsenos, ko reikia, kad medžiagos būsena pasikeistų, t. y. vienos agregatinės būsenos medžiaga virstų kitos būsenos medžiaga.

2.2. Lydymasis

Jau saulelė vėl atkopdama budino svietą
Ir žiemos šaltos triūsus pargriaudama juokės.
Šalčių pramonės su ledais sugaišti pagavo,
Ir putodams sniegs visur į nieką pavirto.

K. Donelaitis. *Metai*

Gamtos reiškiniai literatūroje

Daugelis gamtos reiškinių labai vaizdingai aprašyti literatūroje. Tą patį reiškinį rašytojai pateikia skirtingai, nusako jį gražiausiais vaizdais, teikiančiais skaitytojui estetinį pasigėrėjimą. Mokslo kalbos paskirtis kita — atskleisti gamtos reiškinių esmę, paaiškinti jų panašumą, skirtumus, priežastis. Šitaip ir mes bandysime nagrinėti medžiagų įvairių agregatinių būsenų kitimą.

K. Donelaičio poetinę frazę „putodams sniegs visur į nieką pavirto" suprantame kaip sniego, ledo tirpimą. O kai apskritai kalbame apie kietosios medžiagos virsmą skysta, sakome, kad medžiaga lydosi.

Lydymosi temperatūra

Kietosios medžiagos virsmas skystąja vadinamas lýdymusi.

Kad medžiaga lydytųsi, ją reikia pakaitinti iki lydymosi temperatūros (padidinti vidinę jos energiją). Temperatūra, kurioje lydosi medžiaga, vadinama jos **lýdymosi temperatūrà**.

Kai kurių medžiagų lydymosi (kietėjimo) temperatūra (kai atmosferos slėgis normalus, t. y. lygus 760 mm Hg)

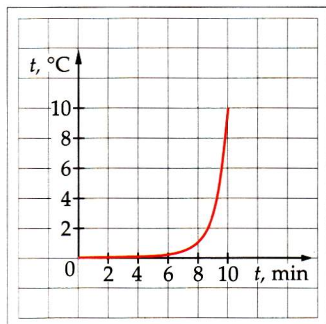
Medžiaga	Lydymosi temperatūra, °C	Medžiaga	Lydymosi temperatūra, °C
Vandenilis	–259	Stearinas	72
Deguonis	–219	Alavas	232
Oras	–213	Švinas	327
Azotas	–210	Gintaras	360
Eteris	–116	Cinkas	420
Alkoholis	–114	Aliuminis	660
Nafta	–60	Valgomoji	
Gyvsidabris	–39	druska	770
Glicerinas	–18	Sidabras	962
Terpentinas	–10	Auksas	1064
Nenugriebtas		Varis	1085
pienas	–0,6	Ketus	1100—1300
Vanduo	0	Plienas	1300—1500
Cezis	28	Geležis	1539
Sviestas	28—33	Platina	1772
Vazelinas	37—52	Osmis	3045
Parafinas	38—56	Volframas	3387
Vaškas	61—64	Deimantas	3500

Matome, kad medžiagų lydymosi temperatūra labai įvairi. Į šią savybę atsižvelgiama pasirenkant medžiagas mašinoms, įrankiams gaminti.

Bandymas. Į cheminę stiklinę įdėkime ledo gabaliuką, įpilkime truputį šalto vandens ir kaitinkime. Vienodais laiko tarpais matuokime vandens temperatūrą. Pamatysime, kad ji pradės kilti tik tada, kai ištirps visas ledas. Bandymo rezultatus galime pavaizduoti grafiškai (2.3 pav.).

Kodėl, ledui tirpstant, kurį laiką temperatūra nekito, nors stiklinė buvo kaitinama?

2.3 pav.



Kristaluose dalelės išsidėsčiusios griežta tvarka. Šildant šių dalelių vidutinis svyravimo greitis didėja, vadinasi, didėja ir kinetinė jų energija. Pasiekus lydymosi temperatūrą, ji suardo dalelių išsidėstymo tvarką ir kieta medžiaga virsta skysčiu. Energija, kurią gauna lydymosi temperatūroje kaitinama kieta medžiaga, eikvojama kristalui suardyti. Todėl temperatūra visą lydymosi laiką nekyla. Šiluma niekur nedingsta — ji virsta kaitinamos medžiagos vidine energija.

Savitoji lydymosi šiluma

Bandymais nustatyta, kad vienodos masės įvairioms kietosioms medžiagoms paversti skysčiu reikia skirtingo šilumos kiekio.

Šilumos kiekis, kurio reikia 1 kg kietosios medžiagos paversti skysčiu jos lydymosi temperatūroje, vadinamas savitąja lýdymosi šìluma.

Savitoji lydymosi šiluma dažniausiai žymima graikiška raide λ (lambda) ir matuojama *džáuliais kilogrãmui*: **[λ] = 1 J/kg.**

Kai kurių medžiagų savitoji lydymosi (kietėjimo) šiluma (esant lydymosi temperatūrai ir normaliam atmosferos slėgiui)

Medžiaga	Savitoji lydymosi šiluma, J/kg	Medžiaga	Savitoji lydymosi šiluma, J/kg
Aliuminis	$3{,}9 \cdot 10^5$	Alkoholis	$1{,}1 \cdot 10^5$
Ledas	$3{,}3 \cdot 10^5$	Sidabras	$8{,}7 \cdot 10^4$
Geležis	$2{,}7 \cdot 10^5$	Plienas	$8{,}4 \cdot 10^4$
Varis	$2{,}1 \cdot 10^5$	Auksas	$6{,}7 \cdot 10^4$
Stearinas	$2{,}0 \cdot 10^5$	Vandenilis	$5{,}9 \cdot 10^4$
Volframas	$1{,}8 \cdot 10^5$	Alavas	$5{,}9 \cdot 10^4$
Vaškas	$1{,}7 \cdot 10^5$	Švinas	$2{,}5 \cdot 10^4$
Parafinas	$1{,}5 \cdot 10^5$	Deguonis	$1{,}4 \cdot 10^4$
Cinkas	$1{,}1 \cdot 10^5$	Gyvsidabris	$1{,}2 \cdot 10^4$

Žinodami, kiek šilumos reikia 1 kg medžiagos išlydyti jos lydymosi temperatūroje, kai atmosferos slėgis normalus, galime apskaičiuoti šilumos kiekį Q, reikalingą visam tos medžiagos bet kokios masės m kūnui išlydyti:

$$Q = \lambda m.$$

Tas šilumos kiekis vadinamas **lýdymosi šìluma**.

Užduotys ??

1. Kambaryje yra du ledėsiai. Vienas jų apdengtas kailiniais. Kuris ledėsis ištirps greičiau?

2. Ar lydysis švino gabaliukas, įmestas į išlydytą alavą?

Tai įdomu ! !

- *Šaldomojo mišinio, susidedančio iš ledo (sniego) ir valgomosios druskos, temperatūra gali būti labai žema. Kai druska sumaišoma su ledu santykiu 3 : 1, mišinio tirpimo temperatūra siekia apie –18 °C.*
- *Baltijos jūros vanduo užšąla, kai jo temperatūra nukrinta iki – 0,5 °C.*
- *Kadangi savitoji ledo lydymosi šiluma yra nepaprastai didelė (330 kJ/kg), tai, tirpstant sniegui ir ledui, nebūna staigių potvynių. (Potvynio dydis priklauso ir nuo sniego kiekio.)*
- *Lydymosi temperatūra priklauso nuo slėgio. Kai jis didėja, vandens, bismuto, kietosios būsenos gyvsidabrio lydymosi temperatūra mažėja, kitų medžiagų — didėja.*
- *Kalbėdami apie visas medžiagas, sakome, kad jos lydosi, o ledas tirpsta.*

3. Kodėl žiemą, nepaisant žalos gamtai, šaligatviai barstomi mišiniu, kuriame yra valgomosios druskos?

4. Jeigu rūsyje pastatysime didelį indą su vandeniu, daržovės nesušals. Kodėl?

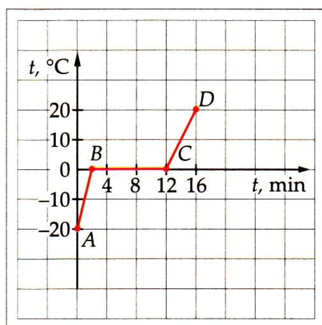
5. Kiek šilumos reikia ištirpinti 0 °C temperatūros 1,5 kg ledo?

6. Kiek šilumos reikia ištirpinti –10 °C temperatūros 2 kg ledo?

7. Alavo gabalo temperatūra 32 °C, tūris 20 cm^3. Alavo tankis 7,3 g/cm^3. Kiek energijos reikia jam išlydyti?

8. 3 kg ledo gabalo temperatūra 0 °C. Kiek šilumos reikia jam ištirpinti ir gautam vandeniui sušildyti iki 50 °C?

9. 2.4 paveiksle pavaizduota, kaip priklauso tolygiai kaitinamo kūno temperatūra nuo laiko. Atmosferos slėgis normalus. Kurios medžiagos kūnas buvo kaitinamas? Kokius procesus atitinka grafiko dalys *AB*, *BC* ir *CD*? Kurias agregatines būsenas žymi taškai *A* ir *D*?



2.4 pav.

10. Tirpstantis ledas atneštas į patalpą, kurios temperatūra 0 °C. Ar tirps ledas šioje patalpoje?

11. Į indą, kuriame yra 4,5 kg 60 °C temperatūros vandens, įmesta 1,5 kg 0 °C ledo. Kokia bus vandens temperatūra ištirpus ledui?

12. Norint 2 l 80 °C temperatūros vandens atvėsinti iki 60 °C, į jį įpilama 10 °C temperatūros vandens. Kiek šalto vandens reikia įpilti?

2.3. Kietėjimas

Kietėjimo temperatūra

Skystosioms medžiagoms vėstant, vyksta lydymuisi atvirkščias procesas.

Skystosios medžiagos virsmas kietąja vadinamas kietėjimu.

Skystosios būsenos medžiaga pradeda kietėti tik atvėsusi iki tam tikros temperatūros. Visą kietėjimo laiką temperatūra nekinta.

Temperatūra, kurioje medžiaga kietėja, vadinama kietėjimo temperatūrà.

Kietėjimo temperatūra lygi medžiagos lydymosi temperatūrai (žr. lentelę p. 40).

Tikslūs bandymai rodo, kad kietėdamas kristalinis kūnas išskiria tiek pat šilumos, kiek jos suvartoja lydydamasis (pavyzdžiui, vandens užšalimo savitoji šiluma lygi ledo lydymosi savitajai šilumai). Medžiagai kietėjant, mažėja ją sudarančių dalelių greitis, vadinasi, ir kinetinė energija. Traukos jėgų pakanka lėčiau judančioms dalelėms išlaikyti vieną prie kitos. Tuo metu išsiskirianti energija palaiko pastovią kūno temperatūrą.

Šilumos kiekis, kuris išsiskiria kietėjant medžiagai, apskaičiuojamas pagal jau žinomą formulę

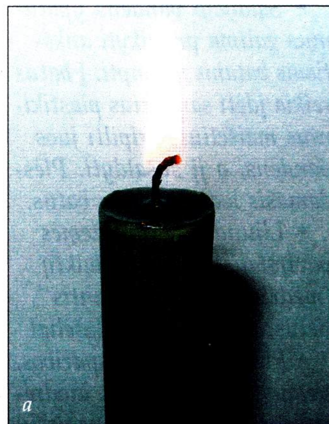
$$Q = \lambda m.$$

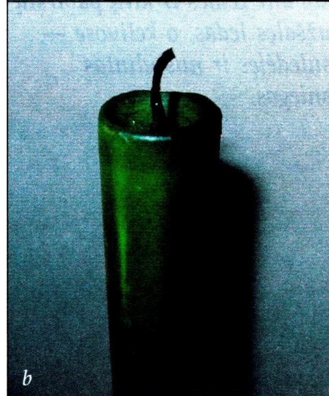
Tūrio kitimas

Kai medžiaga lydosi ir kietėja, kinta jos tūris.

Bandymas. Uždekime žvakę. Matome, kad aplink dagtį buvusi duobutė prisipildo ištirpusio parafino, kurio paviršius yra horizontalus (2.5 pav., *a*). Užpūtus žvakę, ištirpęs parafinas greit sukietėja ir prie pat dagties vėl įdumba (2.5 pav., *b*). Akivaizdu, kad auštančio parafino tūris mažėja.

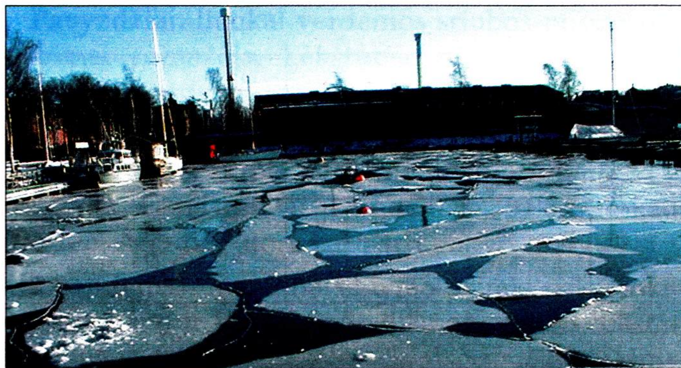
Daugelio lydomų kūnų tūris didėja, o kietėjančių — mažėja. Išimtis yra vanduo. Sušalusio į ledą vandens tūris padidėja apie 10 %. Ledo tankis mažesnis negu vandens, todėl jo lytys ne skęsta, o plaukia upe (2.6 pav.). Dėl šios vandens savybės skilinėja kietos uolos. Į jų plyšius patekęs vanduo sušaldamas plečiasi ir ardo uolas. Kaip asfaltuotame kelyje pavasarį atsiranda duobių, matyti iš 2.7 paveikslo.


a

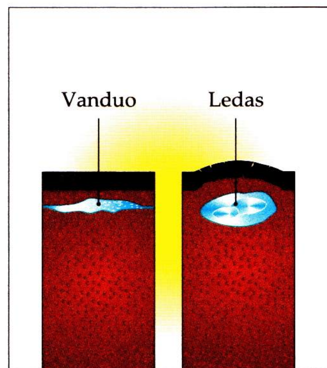

b

2.5 pav.

2.6 pav.



2.7 pav.



Tai įdomu !

- *Šąlančio vandens ypatumus galima pritaikyti ankštiems batams ištempti. Į batus reikia įdėti sandarius plastikinius maišelius, pripilti juos vandens, o jį sušaldyti. Plėsdamasis ledas ištemps batus.*
- *Lijundra — ant žemės paviršiaus ir įvairių daiktų (medžių, laidų) užšąlantis lietus, dulksna, rūko lašeliai.*
- *Plikledis — po šlapdribos, lietaus, lijundros arba atodrėkio ant žemės ir kitų paviršių užšalęs ledas, o keliuose — suledėjęs ir nuslidintas sniegas.*

Užduotys ??

1. Kai temperatūra lygi 0 °C, sušąla vanduo ir tirpsta ledas. Kokių sąlygų reikia, kad vyktų šie reiškiniai?

2. 2.8 paveiksle pavaizduotas auštančio aliuminio kietėjimo grafikas. Kokius procesus atitinka jo dalys *AB*, *BC* ir *CD*? Kiek laiko truko kiekvienas procesas?

3. 2 m^3 vandens virsta 0 °C temperatūros ledu. Kiek šilumos išsiskiria?

4. Kuriuo atveju išsiskirs daugiau energijos: kietėjant 2 kg aliuminio ar 6 kg geležies? Abi medžiagos yra skystos, o jų temperatūra lygi lydymosi temperatūrai.

5. Iš vario nulieta detalė kietėdama išskyrė 315 kJ šilumos. Kiek vario sunaudota detalei nulieti?

6. Detalei nulieti sunaudota 200 cm^3 skystos geležies. Kiek šilumos išskyrė ši detalė, kietėdama ir aušdama iki 39 °C?

7. 500 g masės aliumininiame puode yra 2 l vandens, kurio temperatūra 20 °C. Kiek šilumos reikia vandeniui puode užvirinti?

8. Kiek šilumos išskiria 2 kg skystojo sidabro, ataušdami iki 62 °C?

9. 2 m^2 ploto balutę dengia 2 cm storio ledo sluoksnis. Kiek šilumos išskyrė sušaldamas balutės vanduo?

10. Stiklinį butelį pripylėme vandens, užkimšome ir palikome žiemą lauke. Rytojaus dieną žiūrime — vanduo sušalęs į ledą, o butelis susprogęs. Kodėl taip atsitiko?

2.8 pav.



11. Kodėl rudenį reikia išleisti vandenį iš daržo laistymo sistemos vamzdžių?

12. Kodėl po žiemos dirvose „pridygsta" akmenų?

13. Ar pavojinga statyti užkimštą butelį su vandeniu į 0 °C temperatūros tirpstantį ledą?

14. Sklidinoje vandens stiklinėje plūduriuoja ledėsis. Ar išsilies vanduo per stiklinės kraštus, kai ledas ištirps?

15. 500 g masės ledo gabalo temperatūra yra 0 °C. Kiek šilumos reikia jam ištirpinti ir gautam vandeniui užvirinti?

16. Iš stačiakampio gretasienio formos švino gabaliuko, kurio matmenys 2 cm × 5 cm × 10 cm, o temperatūra lygi 27 °C, nulietas rutulys. Kiek šilumos tam sunaudota?

2.4. Garavimas ir kondensacija

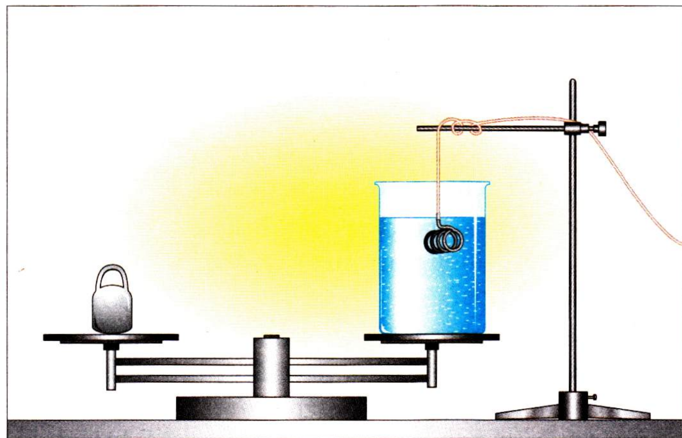
Garavimas

Apie garavimą girdime iš mažens. Garai — dujinė medžiagų būsena, jie yra nematomi. Tad ką matome žiūrėdami į garuojančią arbatą arba sriubą, sukaitusį arklį ir t. t.? Bet apie tai vėliau, o dabar, remdamiesi konkrečiais pavyzdžiais ir elementariais bandymais, pabandykime išsiaiškinti garavimo reiškinį.

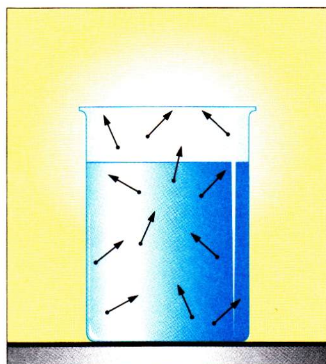
Pavyzdžiai. Ilgokai verdamos sriubos puode pastebimai sumažėja. Lėkštutėje ar stiklinėje ilgai laikomo vandens kiekis irgi mažėja, galiausiai induose jo visiškai nelieka.

1 bandymas. Šlapia kempine nušluostykime klasės lentą. Gana greitai ji nudžiūsta. Sakome, kad vanduo išgaravo, nors garų ir nebuvo matyti.

2 bandymas. Elektrinę šildymo spiralę pakabinkime ant stovo ir įmerkime į stiklinę vandens, pastatytą ant svarstyklių lėkštės. Svarsčiais išlyginkime



2.9 pav.



2.10 pav.

svarstykles (2.9 pav.). Įjungę spiralę, vandenį užvirinkime. Po kurio laiko svarstyklių pusiausvyra sutriks. Net plika akimi pamatysime, kad vandens stiklinėje sumažėjo.

Visais šiais atvejais skysčiai garavo, nors garų ir nebuvo matyti.

Garãvimu vadinamas skysčio virsmas garais skysčio paviršiuje.

Išsiaiškinkime, kaip vyksta šis reiškinys. Žinome, kad skysčio molekulės nuolat juda įvairiu greičiu. Greičiausios, atsidūrusios skysčio paviršiuje, įveikia kitų molekulių trauką ir išlekia iš jo į orą nematomais garais (2.10 pav.). Taip iš atviro indo skystis pamažu išgaruoja. Uždarame inde dalis molekulių sugrįžta į skystį.

Tai įdomu ! !

• *Garuoti gali ir kietosios medžiagos. Kietųjų kūnų garavimas vadinamas sublimãcija.*

• *Per metus iš 1 m^2 vandenynų paviršiaus išgaruoja apie 1 m^3 vandens, iš 1 m^2 sausumos — apie 0,5 m^3 vandens.*

• *Per metus iš Žemės rutulio paviršiaus išgaruoja maždaug 500 000 km^3 vandens. Tiek pat jo grįžta lietaus, sniego ir kitokiu pavidalu.*

Garavimo sparta

Nuo ko priklauso garavimo sparta?

Skysčio garavimo sparta priklauso nuo skysčio rūšies.

3 bandymas. Ant popieriaus lapo skirtingose vietose užlašinkime vandens, eterio ir aliejaus (žibalo). Matome, kad pirmiausia išgaruoja eteris, paskui — vanduo, o aliejaus lašas taip ir lieka ant popieriaus.

Skysčio garavimo sparta dar priklauso nuo skysčio paviršiaus ploto. Juo tas plotas didesnis, juo greičiau garuoja skystis. Jei į stiklinę ir lėkštę įpilsime po tiek pat vandens, iš lėkštės jis išgaruos kur kas greičiau. Tai patvirtino ir 1 bandymas.

Skysčio garavimo sparta priklauso ir nuo jo temperatūros. Žemė po lietaus greičiau išdžiūsta karštą vasarą negu vėsų rudenį. Skystis greičiau išgaruos, jei pūsdami išsklaidysime ties jo paviršiumi garus. Iš skysčio išlekia greičiausios molekulės, o likusiųjų inde vidutinis greitis sumažėja, dėl to krinta garuojančio skysčio temperatūra, jis greičiau vėsta.

Kondensacija

Vyksta ir atvirkščias garavimui procesas. Kai kurios molekulės, esančios virš skysčio, grįžta į jį, ir garai virsta skysčiu. **Garų virsmas skysčiu vadinamas kondensãcija** (lot. *condensare* — sutirštinti).

4 bandymas. Kaitinkime vandenį kolboje, kuri užkimšta kamščiu su įtaisytu jame stikliniu vamzdeliu ar gumine žarnele. Iš vamzdelio sklindančius garus nukreipkime į stiklinę plokštelę (2.11 pav.). Plokštelė aprasoja.

Toks reiškinys vyksta, kai papučiame į akinių stiklus ar veidrodį. Iš plaučių iškvėptame ore esantys vandens garai ant stiklo kondensuojasi.

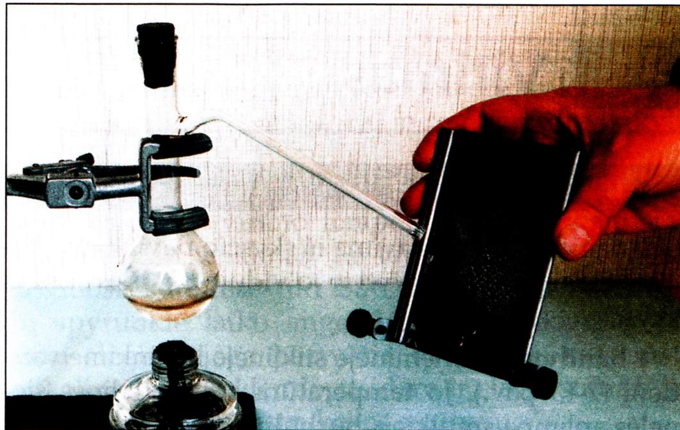
Jeigu apverstą stiklinę laikysime virš verdančio vandens, jos sienelės aprasos (2.12 pav.).

Dabar galime pasakyti, kad, virdami sriubą ar stebėdami šaltu oru sukaitusį arklį, matome ne garus (jie nematomi), o smulkius vandens lašelius, susidariusius susikondensavus garams. Garų kondensacija paaiškinamas rasos, rūko, debesų susidarymas.

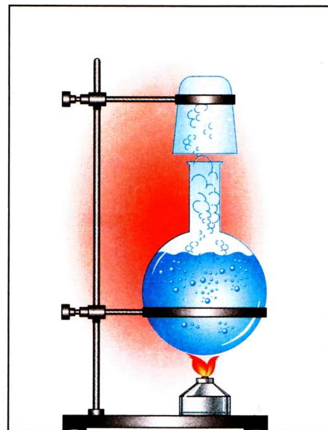
Tai įdomu !!

- *Žmogaus savijauta priklauso nuo vandens garų kiekio ore. Geriausia, kai viename kubiniame metre oro yra apie 10 g vandens garų. Klasėje, kurios ilgis 10 m, plotis 5 m ir aukštis 3 m, yra apie 1,5 kg vandens garų, o tai tolygu 1,5 l vandens.*
- *Mūsų kūno temperatūrą reguliuoja vandens garavimas iš organizmo, t. y. prakaitavimas; vanduo išgaruoja per odą, ir kūnas vėsta.*
- *Skersvėjis garavimą gerokai paspartina, dėl to galima greitai persišaldyti.*
- *Išgarintas 1 l vandens normalaus slėgio sąlygomis sudaro 1700 litrų 100 °C temperatūros vandens garų.*
- *Garai yra blogi šilumos laidininkai. Pavyzdžiui, užlašinti ant įkaitusio metalo vandens lašai pradeda intensyviai judėti. Tarp lašo ir karšto pagrindo (skardos lakšto) atsiranda garų sluoksnis, trukdantis skysčiams toliau garuoti.*

2.11 pav.



2.12 pav.



Užduotys

1. Kodėl odekolonui ir kvepalams gaminti naudojamas alkoholis?

2. Kodėl riebi sriuba vėsta labai lėtai?

3. Kodėl gyvsidabrio negalima laikyti neužkimštuose induose? Kodėl reikia kruopščiai surinkti iš sudužusio termometro pasklidusius gyvsidabrio lašelius?

4. Kodėl džiovinimui skirtos daržovės ar vaisiai pjaustomi plonais griežinėliais?

5. Ką daryti, kad neišgaruotų atvirame inde laikomas vanduo?

6. Kodėl skysčiai garuoja bet kokioje temperatūroje?

7. Karštą dieną išlaikyti vėsų pieną galima, apvyniotą marle butelį įstačius į dubenį su vandeniu. Kodėl pieno temperatūra butelyje žemesnė už oro temperatūrą?

8. Suvilgę veidą odekolonu, jaučiame vėsą. Palei odekolonu suvilgytą veidą pamosavus ranka, pasidaro dar vėsiau. Kodėl?

9. Kodėl, ilgesnį laiką avint drėgną avalynę ar vilkint šlapiais drabužiais, galima persišaldyti?

10. Kai vasarą nusimaudę išlipame iš vandens, būna vėsu, ypač vėjuotą dieną. Kodėl?

11. Kuriame inde — moliniame ar plastikiniame — pasodintas gėles reikia dažniau laistyti?

12. Kodėl reikia gerai vėdinti patalpą, kurioje džiovinami skalbiniai?

2.5. Virimas

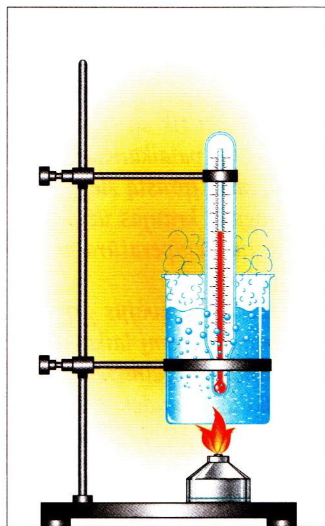
Virimo sąvoka

Išnagrinėjome garavimą iš skysčio paviršiaus. Tačiau garai gali susidaryti ir jo viduje bei išsiveržti iš skysčio.

1 bandymas. Cheminėje stiklinėje kaitinkime vandenį (2.13 pav.). Jo temperatūra kyla. Stiklinės sienelės aplimpa smulkiais burbuliukais. Juose — van-

denyje ištirpęs oras ir šildomo vandens garai. Toliau kaitinant vis daugiau garų patenka į burbuliukų vidų. Šie plečiasi, kartu didėja juos stumianti į paviršių Archimedo jėga. Kai pasiekiama tam tikra temperatūra, burbuliukai ima intensyviai veržtis į paviršių ir ten sprogsta. Sakome — vanduo verda. Termometras rodo, kad verdančio vandens temperatūra nekinta.

Panašiai verda ir kiti skysčiai. Taigi **vir̀imas yra skysčio virsmas garais skysčio viduje.**


2.13 pav.

Virimo temperatūra

Garuoja bet kurios temperatūros skystis, tačiau verda jis tik įkaitintas iki jam būdingos pastovios temperatūros. **Temperatūra, kurioje skystis verda, vadinama vir̀imo temperatūrà.** Verdančio vandens temperatūros pastovumą galima paaiškinti taip. Iš kaitinamo skysčio išlekia greičiausios dalelės. Labiau kaitinant tik daugiau dalelių išlekia iš skysčio, tačiau vidutinė vidinė jo energija nepakinta.

Maistą virti patartina ant silpnos ugnies. Užvirinus sumažinama liepsna. Dėl to virimo temperatūra nesumažėja, o kuro sutaupoma.

Skysčių virimo temperatūra priklauso nuo slėgio.

2 bandymas. Apvalioje kolboje užvirinkime vandenį. Nustoję kaitinti, ją užkimškime, apverskime ir įtvirtinkime stove. Dabar ant kolbos pilkime šaltą vandenį. Kolboje esantis vanduo vėl užvirs (2.14 pav.). Šalto vandens veikiami kolboje virš vandens esantys vandens garai kondensavosi, sumažėjo jų slėgis ir šiek tiek jau atvėsęs vanduo užvirė žemesnės negu 100 °C temperatūros.

2.14 pav.


Kalnuose dėl mažo slėgio atviruose induose sunku išsivirti maisto, pavyzdžiui, Everesto kalno viršūnėje vanduo užverda, kai jo temperatūra pakyla iki 71 °C.

Uždarame inde verdamo skysčio slėgis padidėja, pakyla ir virimo temperatūra. Tuo pagrįstas greitpuodžių veikimas. Jie taupo energiją ir laiką. Tokiuose katiluose turi būti apsauginiai vožtuvai. Jų spyruoklė laiko angą dengiančią sklendę. Jei garų slėgimo jėga persveria spyruoklei suspausti reikalingą jėgą, sklendė atsidaro ir slėgis sumažėja. Yra ir kitokios konstrukcijos vožtuvų.

Savitoji garavimo šiluma

Įvairiems vienodos masės virimo temperatūros skysčiams paversti garais reikia skirtingo šilumos kiekio.

Šilumos kiekis, kurio reikia 1 kg virimo temperatūros skysčio paversti garais, vadinamas savitąja garãvimo šìluma.

Ji dažniausiai žymima raide L ir matuojama *džáuliais kilogrãmui*: **[*L*] = 1 J/kg**.

Dabar galime apskaičiuoti šilumos kiekį Q, reikalingą bet kokios masės m virimo temperatūros skysčiui išgarinti, kai atmosferos slėgis normalus:

$$Q = Lm;$$

čia L — savitoji garavimo šiluma.

Pagal šią formulę apskaičiuojamas ir šilumos kiekis, kurį išskiria kondensuodamiesi garai.

Žinodami, kad skysčio paviršius garuoja įvairiomis temperatūros sąlygomis, o garavimas priklauso nuo temperatūros, galėtume apskaičiuoti šilumos kiekį, kurio reikia bet kokios temperatūros skysčiui išgarinti.

Kai kurių medžiagų virimo temperatūra
(esant normaliam 760 mm Hg atmosferos slėgiui)

Medžiaga	Virimo temperatūra, °C	Medžiaga	Virimo temperatūra, °C
Helis	–269	Cinkas	907
Vandenilis	–253	Valgomoji	
Oras	–193	druska	1467
Deguonis	–183	Švinas	1740
Eteris	35	Sidabras	2212
Alkoholis	78	Alavas	2270
Benzinas	70—205	Aliuminis	2467
Vanduo	100	Varis	2567
Žibalas	150—300	Nikelis	2732
Glicerinas	290	Geležis	2750
Parafinas	350—450	Auksas	2807
Gyvsidabris	357	Platina	3827
Kalis	774	Grafitas	4200
Natris	883	Volframas	5660

Tai įdomu ! !

• *Kosmonautai į atvirą erdvę gali išeiti tik su specialiais kostiumais, palaikančiais organizmui įprastą slėgį. Be jų žmogaus kraujas užvirtų, nors kūno temperatūra būtų normali.*

• *Panašus pavojus gresia ir narams, ilgesnį laiką dirbusiems didelėse gelmėse — staigiai iškilus į vandens paviršių, kraujyje ištirpusio azoto burbuliukai gali užkimšti kraujagysles.*

• *Per karščius galėtume atsigaivinti ir verdančiu vandeniu, jei atmosferos slėgis siektų tiktai 10—15 mm Hg. Tada vandens virimo temperatūra būtų apie 10—15 °C.*

• *Vandenį galima užvirinti ir 0 °C temperatūroje, tik reikia slėgį sumažinti iki 4,6 mm Hg.*

• *Vandens savitoji garavimo šiluma, t. y. energija, reikalinga 1 kg verdančio vandens normaliomis sąlygomis paversti 100 °C temperatūros garais, yra 2258 kJ/kg (lentelėje šis skaičius suapvalintas). Toks šilumos kiekis gali 539 kg vandens temperatūrą pakelti 1 °C.*

Kai kurių medžiagų savitoji garavimo (kondensacijos) šiluma (esant virimo temperatūrai ir normaliam 760 mm Hg atmosferos slėgiui)

Medžiaga	Savitoji garavimo šiluma, J/kg	Medžiaga	Savitoji garavimo šiluma, J/kg
Azotas	$0,201 \cdot 10^6$	Eteris	$0,4 \cdot 10^6$
Žibalas	$0,21 \cdot 10^6$	Vandenilis	$0,45 \cdot 10^6$
Deguonis	$0,214 \cdot 10^6$	Alkoholis	$0,9 \cdot 10^6$
Benzinas	$0,230 \cdot 10^6$	Amoniakas	$1,36 \cdot 10^6$
Gyvsidabris	$0,293 \cdot 10^6$	Vanduo	$2,3 \cdot 10^6$

Užduotys

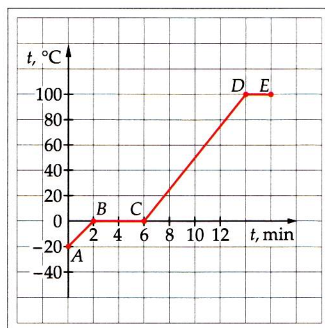
1. Kodėl rasoja virtuvių langai?

2. Kodėl žiemą matyti, kai žmogus iškvepia orą, o vasarą — ne?

3. Paaiškinkite, kodėl vanduo gesina ugnį.

4. Kodėl žiemą šaltyje galima išdžiovinti drabužius?

5. 2.15 paveiksle pateiktas tolygiai kaitinamo vandens temperatūros kitimo grafikas. Ką vaizduoja grafiko atkarpos *AB*, *BC* ir *DE*?



2.15 pav.

6. Kiek šilumos reikia 5 kg vandens, kurio temperatūra 20 °C, sušildyti iki 100 °C ir išgarinti?

7. Kodėl, užvirinant vandenį arbatinuku, uždengiamas jo dangtis?

8. Buvo užvirinta ir išgarinta 100 ml 18 °C temperatūros alkoholio. Jo tankis 0,8 g/cm^3. Kiek tam prireikė šilumos?

9. Kiek šilumos reikia 2 kg ledo sušildyti nuo –10 °C iki tirpimo temperatūros, ištirpinti, gautam vandeniui užvirinti ir išgarinti?

10. Kiek šilumos išskiria kondensuodamasis 1 kg 100 °C temperatūros vandens garų ir atvėsdamas iki 20 °C temperatūros susidaręs vanduo?

Skyriaus „Medžiagos agregatinių būsenų kitimas“ santrauka

Lydymasis	Kietosios medžiagos virsmas skystąja vadinamas lydymusi. Temperatūra, kurioje lydosi medžiaga, vadinama lydymosi temperatūra.
Kietėjimas	Skystosios medžiagos virsmas kietąja vadinamas kietėjimu. Temperatūra, kurioje kietėja medžiaga, vadinama kietėjimo temperatūra.
Garavimas	Garavimu vadinamas skysčio virsmas garais.
Virimas	Skysčio virsmas garais skysčio viduje vadinamas virimu. Temperatūra, kurioje skystis verda, vadinama virimo temperatūra.
Kondensacija	Garų virsmas skysčiu vadinamas kondensacija.
Lydymosi šiluma $Q = \lambda m$ $[Q] = 1$ J $[\lambda] = 1$ J/kg	Šilumos kiekis, reikalingas bet kurios masės medžiagai išlydyti jos lydymosi temperatūroje, vadinamas lydymosi šiluma. Lydymosi šiluma lygi kietėjimo šilumai. Šilumos kiekis, kurio reikia 1 kg kietosios medžiagos paversti skysčiu jos lydymosi temperatūroje, vadinamas savitąja lydymosi šiluma. Savitoji lydymosi šiluma lygi savitajai kietėjimo šilumai.

Garavimo šiluma $Q = Lm$ $[Q] = 1$ J $[L] = 1$ J/kg	Šilumos kiekis, reikalingas bet kurios masės medžiagai išgarinti jos virimo temperatūroje, vadinamas garavimo šiluma. Garavimo šiluma lygi kondensacijos šilumai. Šilumos kiekis, kurio reikia 1 kg virimo temperatūros skysčio paversti garais, vadinamas savitąja garavimo šiluma. Savitoji garavimo šiluma lygi savitajai kondensacijos šilumai.

Garavimas, kondensacija, lydymasis ir kietėjimas vadinami agregatiniais virsmais.

Agregatinio virsmo metu kūno temperatūra nekinta.

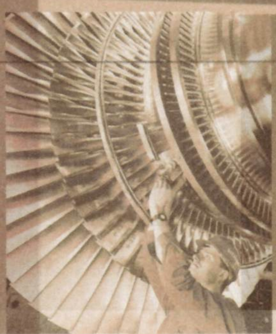
Agregatinių būsenų kitimas

Reiškinys	Reiškinio paaiškinimas
Šildomo kietojo kūno temperatūra kyla iki jo lydymosi taško	Teikiama šiluma didina vidinę kūno energiją, dėl to dalelės juda vis intensyviau
Kaitinamas kūnas lydosi, bet jo temperatūra nekinta	Kūno dalelių judėjimo energija padidėja tiek, kad kietasis kūnas suyra į daleles. Energija, kurią gauna šildomas kūnas, naudojama dalelių sankibos (sąveikos) jėgoms nugalėti
Šildomo skysčio temperatūra kyla iki virimo taško	Teikiama šiluma didina skysčio dalelių judėjimo energiją
Virdamas skystis garuoja, bet jo temperatūra nekinta	Didelė dalis energijos, kurią gauna šildomas skystis, naudojama jo dalelių sąveikos jėgoms nugalėti

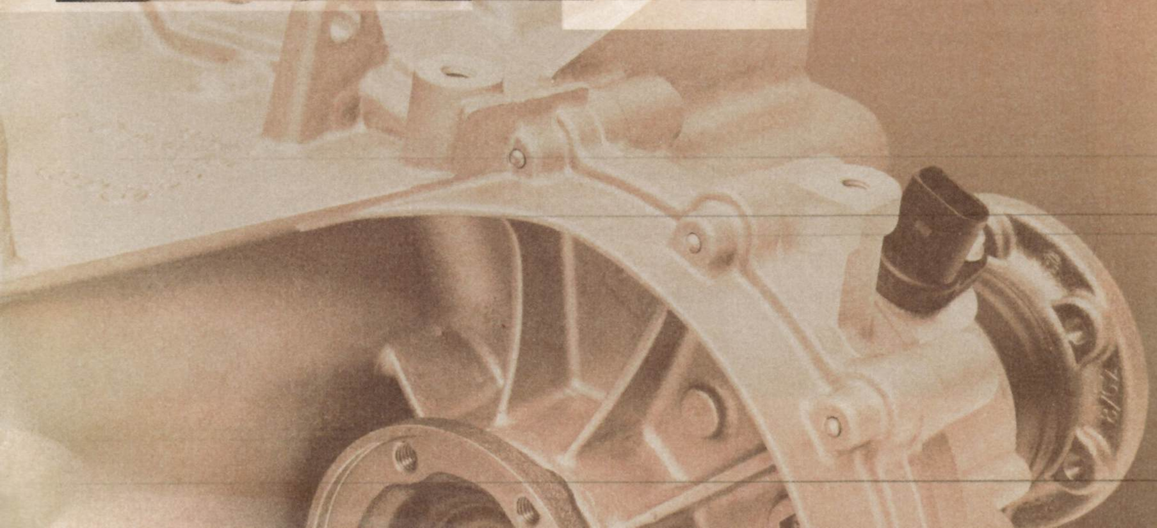
Kūnui atiduodant šilumą, vyksta atvirkštiniai procesai.

Š i l u m a









3 Šiluminiai varikliai

Šiame skyriuje susipažinsite su:
- šiluminio variklio samprata;
- vidaus degimo variklio konstrukcija ir veikimo principu;
- dyzeliniu varikliu;
- garo turbina;
- energijos tvermės dėsniu šiluminiuose procesuose;
- šiluminio variklio naudingumo koeficiento sąvoka.

3.1. Vidaus degimo variklis

Kas yra šiluminis variklis?

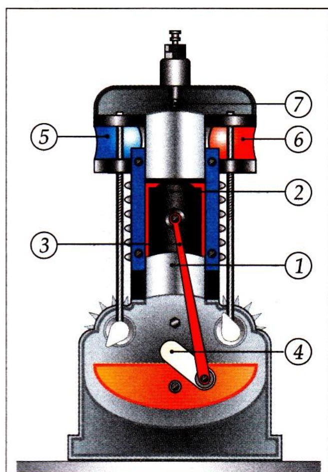
Kažkada žmogus galėjo pasikliauti tik savo raumenų energija. Vėliau prisijaukino laukinius gyvūnus ir juos įkinkė į darbą. Ilgainiui žmogus išmoko naudotis upių ir vėjo darbu. Energijai perduoti, pakeisti sugalvota daug paprasčiausių mechanizmų: svertų, skridinių ir kt. Ir palyginti neseniai pradėta plačiai naudoti naftos, anglių, gamtinių dujų energijos atsargas. Išmokus minėtų medžiagų vidinę energiją paversti mechanine, sukurti šiluminiai varikliai.

Šiluminiù varikliù vadinama mašina, kurioje vidinė kuro energija virsta mechanine energija.

Šiluminiai varikliai gali būti įvairių rūšių: garo mašinos, garo ir dujų turbinos, vidaus degimo varikliai, reaktyviniai varikliai.

Garo mašinose ir turbinose kuro energija iš pradžių paverčiama degimo produktų, vandens garų energija, o ši — mechanine energija. Vidaus degimo varikliuose kuras dega, ir vidinė jo energija eikvojama variklio viduje — cilindruose (iš čia kilęs ir variklių pavadinimas).

3.1 pav.



Vidaus degimo variklio konstrukcija

Iš visų šiluminių variklių labiausiai paplitę **vidaũs degìmo varìkliai**. Jie veikia naudodami skystąjį kurą (benziną, dyzeliną) arba degiąsias dujas.

Svarbiausios vidaus degimo variklio dalys pavaizduotos 3.1 paveiksle. Cilindre *1* slankioja stūmoklis 2, kuris švaistikliu *3* sujungtas su alkūniniu velenu *4*. Cilindro viršuje yra du vožtuvai — įsiurbimo *5* ir išmetimo *6*. Reikiamais momentais jie atsidaro ir užsidaro. Žvakė *7* uždega į cilindrą patekusį kuro ir oro mišinį.

Populiariausi yra vadinamieji keturtakčiai vidaus degimo varikliai.

Veikimo principas

Išnagrinėkime detaliau, kaip veikia keturtaktis vidaus degimo variklis. Vienas tokio variklio darbo ciklas atliekamas per keturias stūmoklio eigas, arba per keturis taktus. Dėl to šis variklis ir vadinamas keturtakčiu. Stūmoklio eiga yra atstumas, kurį jis nueina nuo vienos kraštutinės padėties iki kitos.

Pirmasis variklio taktas — *įsiurbìmas* (3.2 pav.). Kad variklis pradėtų veikti, jo alkūninį veleną iš pradžių reikia įsukti kokiu nors išoriniu įrenginiu — starteriu arba rankena. Sukantis velenui, stūmoklis iš viršutinės kraštutinės padėties slenka žemyn, dujos cilindre praretėja, atsidaro įsiurbimo vožtuvas ir pro jį į cilindrą patenka degusis benzino bei oro mišinys. Kai stūmoklis pasiekia apatinę kraštutinę padėtį, įsiurbimo vožtuvas užsidaro.

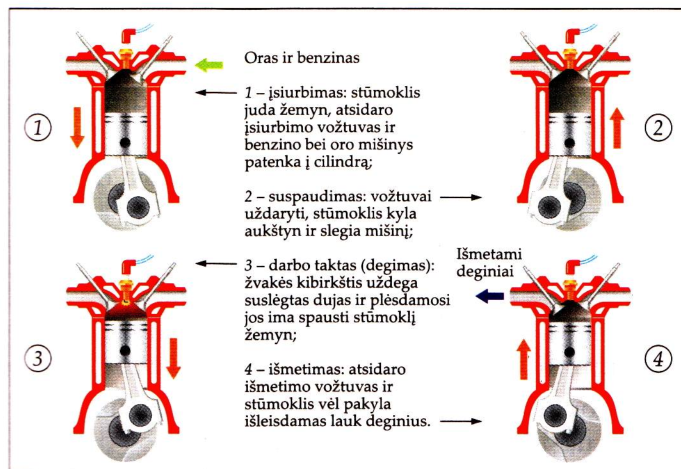
Antrasis taktas — *suspaudìmas*. Toliau sukdamasis alkūninis velenas ima kelti stūmoklį į viršų. Abu vožtuvai tuo metu yra uždaryti, todėl degusis mišinys susispaudžia. Kai stūmoklis vėl pasiekia viršutinę kraštutinę padėtį, degusis mišinys užsidega (nuo elektros kibirkšties, šokančios tarp žvakės elektrodų).

Trečiasis taktas — *dárbas* (degimas). Mišinys sudega staiga (sprogsta), labai padidėja degant susidariusių dujų slėgis. Plėsdamosi jos spaudžia stūmoklį ir dėl to jis slenka žemyn — atlieka darbą. Leisdamasis stūmoklis verčia judėti su juo sujungtą švaistiklį, o šis — alkūninį veleną. Toliau velenas sukasi

Tai įdomu !

- *Garo mašiną 1782 metais išrado Didžiosios Britanijos inžinierius Džeimsas Vatas* (J. Watt, *1736—1819).*
- *Pirmąjį vidaus degimo variklį 1860 metais sukonstravo prancūzų išradėjas Etjenas Lenuaras* (E. Lenoir, *1822—1900).*
- *Keturtaktį vidaus degimo variklį 1876 metais sukūrė vokiečių inžinierius Nikolausas Augustas Otas* (N. A. Otto, *1832—1891).*
- *Vidaus degimo variklį be alkūninio veleno (rotorinį) 1957 metais išrado vokietis Feliksas Vankelis* (F. Wankel).

3.2 pav.



iš inercijos ir per kitus taktus kilnoja stūmoklį. Šio takto metu abu vožtuvai taip pat yra uždaryti.

Ketvirtasis taktas — *išmetìmas*. Stūmoklis nusileidžia iki apatinės kraštutinės padėties, atsidaro išmetimo vožtuvas ir pro jį deginiai išmetami iš cilindro laukan, o stūmoklis kyla į viršų. Baigiantis šiam taktui, išmetimo vožtuvas užsidaro.

Kol velenas apsisuka du kartus, įvyksta visi keturi taktai. Paskui jie kartojasi iš pradžių.

Automobiliuose dažniausiai įrengiami keturių cilindrų vidaus degimo varikliai. Kiekviename tokio variklio cilindre skirtingu metu iš eilės vyksta darbo taktas. Dėl to alkūninis velenas nuolat gauna energijos iš stūmoklių ir sukasi tolygiai.

Dyzeliniai varikliai

Paplitę ir **dyzelìniai varìkliai**. Nuo varomų benzinu jie iš esmės skiriasi tuo, kad neturi uždegimo žvakės. Cilindre suslėgtas oras įkaista iki 500—700 °C. Nuo jo savaime suspaudimo takto pabaigoje užsiliepsnoja dideliu slėgiu įpurkšti į cilindrą degalai. Dyzelinis variklis ir jį maitinantys degalai pavadinti jo išradėjo, vokiečių inžinieriaus Rudolfo Dyzelio (*R. Diesel*, 1858—1913) pavarde.

Vidaus degimo varikliai įtaisomi ne tik automobiliuose, bet ir lėktuvuose, laivuose, traktoriuose, motocikluose ir kitur.

Užduotys

1. Ar galima šaunamuosius ginklus vadinti šiluminiais varikliais?

2. Kodėl lėktuvų, kurių varikliai vartoja degalų ir oro mišinį, ribotas pakilimo aukštis?

3. Kuo daugiacilindriai vidaus degimo varikliai pranašesni už viencilindrius variklius?

4. Ar įsiurbimo ir išmetimo vožtuvai turi būti pagaminti iš tos pačios medžiagos? Kodėl?

5. Kodėl dyzelinio variklio cilindre degusis mišinys užsidega be elektros kibirkšties?

6. Keturtakčio variklio alkūninis velenas per minutę apsisuka 3000 kartų. Kiek kartų per 1 s užsiliepsnoja degusis mišinys kiekviename cilindre?

7. Vieno cilindro keturtakčiame vidaus degimo variklyje per 1 s degusis mišinys užsidega 25 kartus. Kiek kartų per tą patį laiką apsisuka alkūninis velenas?

8. Keturtakčio vidaus degimo variklio alkūniniam velenui apsisukant 100 kartų, įvyksta 300 stūmoklio darbo taktų. Kiek cilindrų turi šis variklis?

9. Vidaus degimo variklio stūmoklio plotas 200 cm^2, eiga 30 cm, o vidutinis slėgis darbo takto metu 50 N/cm^2. Kokį darbą, degant benzino ir oro mišiniui, atlieka plėsdamosi dujos?

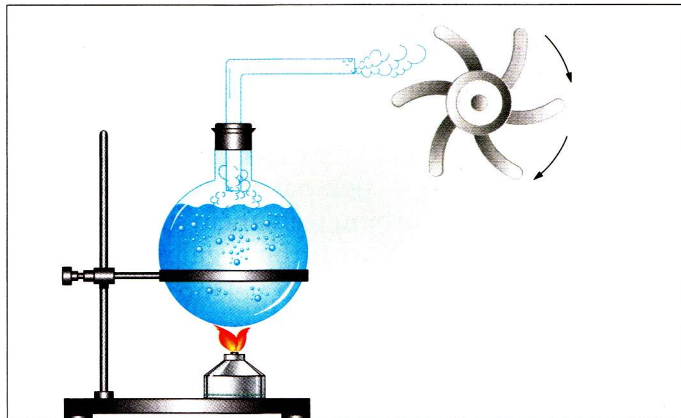
10. Stūmoklio plotas 240 cm^2, eiga 25 cm, o vidutinis slėgis 490 kN/m^2. Kokį mechaninį darbą atlieka plėsdamosi dujos cilindre?

3.2. Garo turbina

Gãro turbinà (pranc. *turbine;* lot. *turbo* (kilm. *turbinis*) — sūkurys) vadinamas šiluminis variklis, turintis sukamąjį darbo ratą. Ji be tarpinių grandžių (stūmoklio, švaistiklio) sukuria sukamąjį judėjimą.

Garo turbinos veikimo principą galima pailiustruoti tokiu bandymu.

3.3 pav.



Tai įdomu !

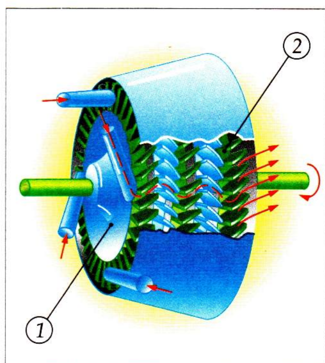
• *I amžiuje pr. Kr. Heronas buvo aprašęs primityvią garo turbiną.*

• *1629 metais literatūroje minimas garo srove sukamas iešmas kepsniui kepti.*

• *Pirmąją technikai pritaikytą garo turbiną 1883 metais sukūrė švedų inžinierius ir išradėjas Karlis Gustafas Patrikas Lavalis* (K. G. P. de Laval, *1845—1913).*

Bandymas. Įpilkime į apvalią kolbą vandens ir užkimškime ją kamščiu su įtaisytu jame lenktu stikliniu vamzdeliu. Kaitinant vandenį, garai ims veržtis pro vamzdelį ir suks ties juo pastatytą lengvą popierinį malūnėlį (3.3 pav.).

Garo turbiną (3.4 pav.) sudaro ant veleno užmautas diskas *1* su mentelėmis *2*. Tarp šių mentelių įtaisyti kreipračiai su nejudamomis mentėmis. Jos nukreipia iš katilo išsiveržiančius garus į disko menteles 2. Slėgdami jas, garai greitai suka diską. Turbina sukasi. Šiuolaikinėse turbinose ant vieno veleno užmaunama keletas tokių diskų. Garai iš eilės pereina pro visų jų menteles.



3.4 pav.

Garo turbinų galia siekia net iki 1200 kW. Elektrinėse šios turbinos sujungiamos su elektros srovės generatoriumi.

Šiuolaikinės garo turbinos detalė pavaizduota 3.5 paveiksle.


3.5 pav.

Yra ir dujų turbinų, kuriose vietoj garų naudojami dujų degimo produktai.

Garo turbinos naudojamos šiluminėse elektrinėse elektros srovės generatoriams sukti laivuose. Dujų turbinos įrengiamos lėktuvuose.

Užduotys

1. Kuo iš esmės skiriasi garo turbinos ir stūmokliniai varikliai?

2. Kurios rūšies garų energija naudojama turbinos mentėms sukti?

3. Kurios rūšies garų energija veikia turbinos mentes?

4. Į turbiną patenkančių garų temperatūra siekia kelis šimtus laipsnių. Ar ji kinta turbinoje? Kokia yra iš turbinos išeinančių garų temperatūra? Kodėl?

5. Į vieną garo turbiną patenka 500 °C temperatūros garai, į kitą — tiek pat 520 °C temperatūros garų. Iš abiejų turbinų išeinančių garų temperatūra yra vienoda. Kuri turbina galingesnė?

6. Garo turbinose ant vieno veleno dažnai užmaunami keli vis didesnio skersmens diskai. Iš pradžių karšti garai patenka ant mažiausio disko, vėliau — ant vis didesnio. Kokia iš to nauda?

3.3. Energijos tvermės dėsnis šiluminiuose procesuose

Naudingumo koeficientas

Vidaus degimo varikliai, garo turbinos ir kiti šiluminiai varikliai tik dalį kuro išskiriamos energijos paverčia mechaniniu darbu. Iš variklio išėję garai ar dujos dar turi energijos. Juo didesnė vidinės kuro energijos dalis šiluminiame variklyje paverčiama naudinguoju darbu, juo ekonomiškesnis variklis — didesnis jo naudingumo koeficientas.

Atlikto naudingojo mechaninio darbo ir sunaudotos vidinės kuro energijos santykis vadinamas šiluminio variklio naudingùmo koeficientù:

$$\eta = \frac{A_n}{Q};$$

čia A_n — naudingasis mechaninis darbas, Q — vidinė kuro energija, η — variklio naudingumo koeficientas.

Šiluminio variklio, kaip ir kiekvieno mechanizmo, naudingumo koeficientas visada yra mažesnis už vienetą (žr. fizikos vadovėlio VIII klasei p. 149). Jį galima išreikšti procentais:

$$\eta = \frac{A_n}{Q} \cdot 100~\%.$$

Naudingumo koeficientas matavimo vieneto neturi.

Vidaus degimo variklių η būna iki 40—50 %, garo turbinų — iki 40 %.

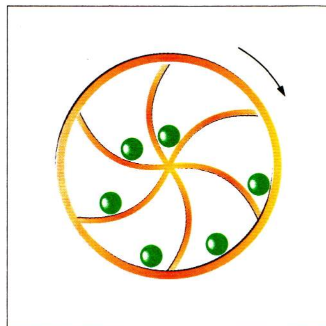
Jei šiluminio variklio naudingumo koeficientas visada yra mažesnis už vienetą (t. y. mažesnis už 100 %), tai kur dingsta dalis vidinės kuro energijos? Panaudotieji garai, degimo produktai yra karšti, vadinasi, jie dar turi vidinės energijos. Nemažai jos atiduodama variklių detalėms, išsisklaido aplinkoje. Energijos virsmų vidaus degimo variklyje diagrama pateikta 3.7 paveiksle, o garo turbinoje — 3.8 paveiksle.

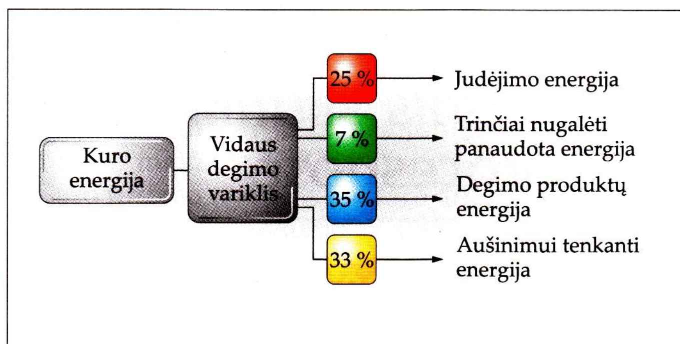
Tai įdomu !

• *Daug žmonių kartų svajojo sukurti mašiną, kuri, kartą paleista, veiktų iš niekur negaudama energijos. Tokios tariamos mašinos vadinamos amžinaisiais varikliais (lot.* perpetuum mobile *— amžinai judantis).*

Pirmieji amžinųjų variklių projektai pasirodė XIII amžiuje ir ypač išpopuliarėjo XVI—XVII amžiuje. Vieno tokio variklio konstrukcija parodyta 3.6 paveiksle. Autoriaus nuomone, šis įrenginys, kartą paleistas, turėtų suktis amžinai, nes nusileidžiantys rutuliai labiau nutolsta nuo ašies negu kylantys (prisiminkite svertus). Tačiau toks ratas dėl trinties greit sustoja.

3.6 pav.





3.7 pav.

Tai įdomu !

• 1775 metais Paryžiaus mokslų akademija atsisakė svarstyti bet kokius amžinųjų variklių projektus. Tačiau ir dabar yra manančių, kad tokius variklius sukurti įmanoma.

• Amžinieji varikliai neįmanomi, nes jų veikimas prieštarauja energijos tvermės dėsniui.

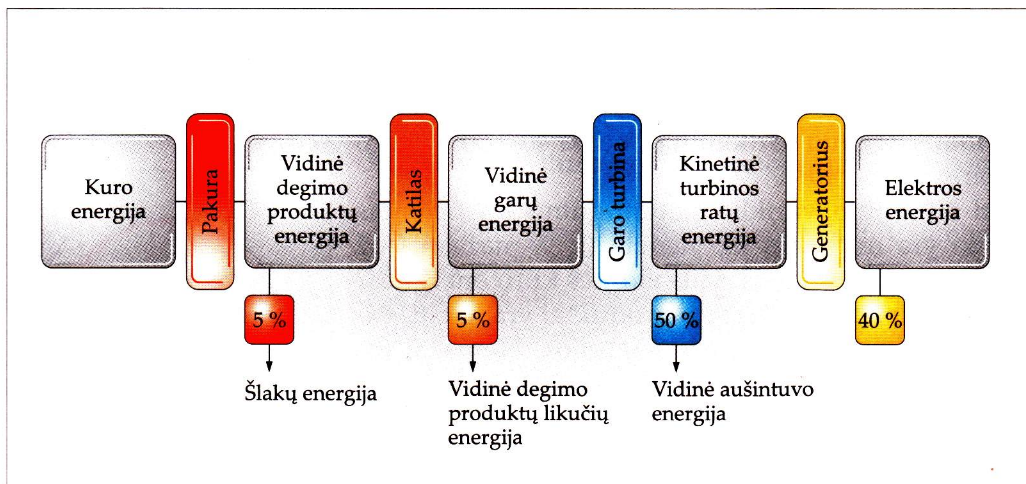
Energijos tvermės dėsnis

Atidžiai išanalizavę abi šias diagramas, įsitikiname, jog energijos tvermės dėsnis galioja ir šiluminiuose procesuose. Taigi vykstant bet kuriems virsmams, bendras energijos kiekis nekinta. Šį dėsnį patvirtina ir kiti jau nagrinėti šiluminiai reiškiniai: šiluminis kūnų plėtimasis, agregatinių būsenų kitimas, šilumos perdavimas.

Prisiminkime, kad energijos tvermės dėsnis būdingas ir mechaniniams reiškiniams. Taigi jį galima apibendrinti.

Uždaroje sistemoje vykstant bet kokiems reiškiniams, bendras energijos kiekis nekinta.

3.8 pav.



Šis dėsnis patvirtina, kad energija savaime niekur neišnyksta ir iš nieko neatsiranda, tik vienos rūšies energija virsta kitos rūšies energija arba pereina iš vieno kūno į kitą, o jos bendras kiekis lieka pastovus.

Užduotys

1. Dyzelinio variklio naudingumo koeficientas yra apie 35 %, o lengvojo automobilio su dyzeliniu varikliu — tik apie 24 %. Paaiškinkite kodėl.

2. 1 l dyzelinių degalų turi 40 MJ vidinės energijos. Tik 14 MJ šios energijos panaudojama mechaniniam variklio darbui atlikti. Koks yra variklio naudingumo koeficientas?

3. Kaip pasiskirsto vidinė automobilio degalų energija, parodyta 3.9 paveiksle. Koks yra šio automobilio naudingumo koeficientas?

4. Garo turbina darbui naudoja tik $\frac{1}{4}$ dalį energijos, išsiskiriančios sudegant anglims. Apskaičiuokite turbinos naudingumo koeficientą.

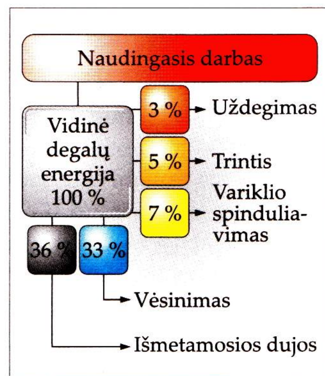
5. 100 MW galios garo turbinos katilo pakuroje per parą sudeginama 960 t akmens anglių. Apskaičiuokite šios turbinos naudingumo koeficientą.

6. Ar galima, sunaudojant 1 J vidinės kūno energijos, atlikti 1 J darbą?

7. Laisvai kabo 3 m ilgio virvė. Ja nuo pat viršaus žemyn slysta 250 g masės žiedas. Virvės gale žiedo greitis yra 3 kartus mažesnis, palyginti su laisvai krintančio tokio pat žiedo greičiu. Kiek šilumos išsiskiria, žiedui slystant virve?

8. Ar užteks 1 g alkoholio 1 g –10 °C temperatūros ledo paversti 100 °C temperatūros garais? Spiritinės lemputės naudingumo koeficientas lygus 10 %.

9. Automobilis 110 km kelyje sudegino 6,9 kg benzino. Vidutinė variklio galia buvo 13 kW, o vidutinis automobilio greitis — 75 km/h. Apskaičiuokite automobilio variklio naudingumo koeficientą.



3.9 pav.

2-asis laboratorinis darbas. **Šilumos kiekių palyginimas maišant šaltą ir karštą vandenį**

Priemonės: 1) termometras; 2) kalorimetras; 3) matavimo cilindras; 4) stiklinė; 5) po stiklinę šalto ir karšto vandens; 6) medinė lazdelė.

Darbo eiga

1. Į vidinį kalorimetro indą įpilkite 100 g karšto vandens, o į stiklinę — tiek pat šalto. Išmatuokite vandens temperatūrą abiejuose induose.
2. Iš stiklinės atsargiai išpilkite šaltą vandenį į vidinį kalorimetro indą su karštu vandeniu, pamaišykite lazdele ir išmatuokite mišinio temperatūrą.
3. Užsirašykite visus matavimo duomenis.
4. Apskaičiuokite karšto vandens atiduotą šilumos kiekį ir šalto vandens gautą šilumos kiekį (žr. p. 27, 28).
5. Palyginkite juos. Ar gauti rezultatai patvirtina energijos tvermės dėsnį? Jei apskaičiuoti šilumos kiekiai skiriasi, paaiškinkite kodėl.

Užduotys

1. Voniai paruošti reikia sumaišyti šaltą 11 °C temperatūros vandenį su karštu 66 °C temperatūros vandeniu. Kiek vieno ir kiek kito vandens reikia įpilti į vonią, norint gauti 550 l 36 °C temperatūros vandens? Į šilumos nuostolius neatsižvelkite.

2. Norint apskaičiuoti savitąją plieno šilumą, į indą, kuriame buvo 500 g 13 °C temperatūros vandens, įdėtas 400 g masės 100 °C temperatūros plieninis ritinėlis. Vandens temperatūra inde pakilo iki 20 °C. Remdamiesi šiais duomenimis, apskaičiuokite savitąją plieno šilumą.

3. Lydymo krosnyje 30 kg vario įkaitinta nuo 85 °C iki lydymosi temperatūros, sudeginant 10 kg antracito. Koks yra krosnies naudingumo koeficientas?

3.4. Šiluminiai reiškiniai ir ekologinės problemos

Šiluminiai reiškiniai susiję su didelių kuro kiekių deginimu. Dėl to kasmet į Žemės atmosferą išmetama apie 150 000 000 t pelenų, 100 000 000 t sieros oksidų (SO_2, SO_3), 60 000 000 t azoto oksidų (NO, NO_2), 20 000 000 000 t anglies dioksido. Spėjama, kad ir ateityje į atmosferą bus išmetama daug anglies dioksido. Šios medžiagos labai teršia gamtą. Dauguma jų tirpsta vandenyje — Žemėje iškrinta rūgštūs lietūs.

Neigiamai Žemę veikia ir vadinamasis šiltnamio reiškinys — mūsų planetos atmosfera geba praleisti Saulės ir iš dalies sulaikyti Žemės spindulius.

Vis labiau teršiant atmosferą, sutrinka pusiausvyra tarp šilumos kiekio, kurį Žemė gauna iš Saulės, ir šilumos kiekio, kurį Žemė atiduoda aplinkai. Jei ir toliau taip beatodairiškai bus teršiama atmosfera, gali pradėti tirpti poliarinių sričių ledynai, o tai neigiamai paveiks visą Žemę.

Kasmet daugėja įvairių automobilių, o dėl to vis aktualesnės darosi jų keliamos problemos: aplinkos tarša (kenksmingi deginiai, degalų nutekėjimas, tepalai, triukšmas ir pan.), kraštovaizdžio nuskurdinimas, autoavarijų padariniai ir kt.

Automobilių išmetamosios dujos sudaro trečdalį visų atmosferos teršalų. Pavojingiausias išmetamųjų dujų komponentas yra švinas. Ypač kenksmingos kancerogeninės (lot. *cancer* — vėžys) medžiagos — cheminiai junginiai, tam tikromis sąlygomis skatinantys piktybinių auglių susidarymą organizme.

Labai užterštos paplentės, miestų gatvės, sankryžos. Lietuvoje automobiliai išmeta apie 50 % visų į atmosferą patenkančių teršalų. Kad automobiliai terštų mažiau, reikia tobulinti jų vidaus degimo variklių konstrukciją, degalų sudėtį. Automobilių keliamą taršą galima sumažinti tinkamai sutvarkius kelių sistemą, t. y. įrengus aplinkkelius, viadukus, pastačius ekranines sienas, pylimus ir pan.

Tai įdomu !!

- *Dirbant nesureguliuotam automobilio karbiuratoriui, išmetamo anglies monoksido (CO) koncentracija gali padidėti net 2—3 kartus.*
- *Vienas automobilis, per metus nuvažiuodamas 10 000 km ir sudegindamas po 7 kg benzino 100 km, išmeta apie 10 t įvairių dujų mišinio.*
- *Kai transporto intensyvumas yra vienodas, kenksmingų medžiagų koncentracija plačiose gatvėse apie 30 % mažesnė nei siaurose.*

Užduotys ??

1. 1975 metais Lietuvoje buvo sukūrenta 10^6 t durpių. Kiek šilumos jos išskyrė sudegdamos?

2. 1913 metais pasaulyje buvo išgauta apie $5{,}4 \cdot 10^7$ t, o 1978 metais — $2{,}9 \cdot 10^9$ t naftos. Kiek šilumos galėjo išsiskirti iš tos naftos, jei ji visa būtų sunaudota kurui?

3. Nuvažiuodamas 100 km, automobilis sunaudoja 8 l benzino. Kiek šilumos išsiskiria sudegus šiam benzinui? Benzino tankis 710 kg/m^3.

4. Spiritine lempute šildant 400 g vandens nuo 18 °C iki 73 °C, sudeginta 10 g alkoholio. Koks yra lemputės naudingumo koeficientas?

5. Primuse, kurio naudingumo koeficientas lygus 40 %, kas minutė sudega 3 g žibalo. Per kiek laiko šiuo primusu galima sušildyti 1,5 l vandens nuo 10 °C iki virimo temperatūros?

6. Kodėl Vilniaus senamiestyje ribojamas automobilių eismas?

7. Kas atiduos daugiau šilumos: 1,5 t plytinė krosnis, atvėsdama nuo 70 °C iki 20 °C, ar užšaldamas bakas, kuriame yra 1,5 t 0 °C temperatūros vandens? (Žr. 4 užduotį p. 42.)

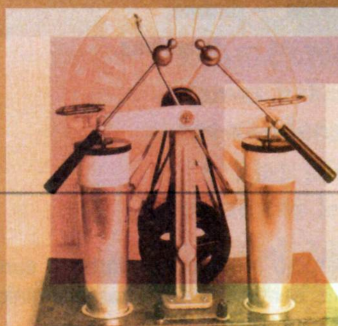
8. Kiek šilumos reikia, norint 5 kg –15 °C temperatūros ledo paversti vandens garais?

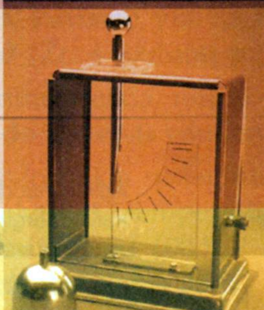
9. Kiek žibalo reikia sudeginti, norint primusu ištirpinti 0,5 kg 0 °C temperatūros ledo ir gautą vandenį pakaitinti iki 100 °C? Primuso naudingumo koeficientas lygus 30 %.

Skyriaus „Šiluminiai varikliai“ santrauka

Šiluminis variklis	Šiluminiu varikliu vadinama mašina, kurioje vidinė kuro energija virsta mechanine energija. Šiluminių variklių rūšys: • garo mašinos; • garo turbinos; • dujų turbinos; • vidaus degimo varikliai (benzininiai, dyzeliniai); • reaktyviniai varikliai. Keturtakčio vidaus degimo variklio taktai: • pirmasis taktas — įsiurbimas; • antrasis taktas — suspaudimas; • trečiasis taktas — darbas; • ketvirtasis taktas — išmetimas.
Šiluminio variklio naudingumo koeficientas $\eta = \frac{A_n}{Q} \cdot 100\ \%$	Atlikto naudingojo mechaninio darbo ir sunaudotos vidinės kuro energijos santykis vadinamas šiluminio variklio naudingumo koeficientu.
Energijos tvermės dėsnis	Uždaroje sistemoje vykstant bet kokiems reiškiniams, bendras energijos kiekis nekinta.

Elektra







4 Elektros srovė

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- kūnų įelektrinimo reiškiniu;
- įelektrintų kūnų sąveikos reiškiniu;
- elektroskopu;
- elektrinio lauko sąvoka;
- elektros srove metaluose;
- įvairiais srovės šaltiniais;
- sudedamosiomis elektros grandinių dalimis;
- elektrinėmis schemomis.

4.1. Įelektrinti kūnai ir jų sąveika

Su elektros pradmenimis jums teko šiek tiek susipažinti pradinėje mokykloje per pasaulio pažinimo pamokas, taip pat VII klasėje, einant fizikos kursą. Dabar šią pažintį tęsime. Iš pradžių prisiminsime ir išsamiau panagrinėsime kai kuriuos jau žinomus reiškinius.

Tai įdomu ! !

• *Kad egzistuoja dviejų rūšių elektra, 1733 metais pastebėjo prancūzas* *Šarlis Diufė* (Ch. Du Fay). *Jis nustatė, kad patrinti į audinį stiklo ir dervos rutuliukai vienas kitą traukia, o įelektrinti du stiklo arba dervos rutuliukai — stumia. Todėl elektrą Š. Diufė pavadino stikline bei dervine.*

• *Teigiamai ir neigiamai įelektrintų kūnų sąvoką 1747 metais pirmasis pavartojo amerikiečių politinis veikėjas, publicistas ir mokslininkas* *Bendžaminas Franklinas* (B. Franklin).

Kūnų įelektrinimas

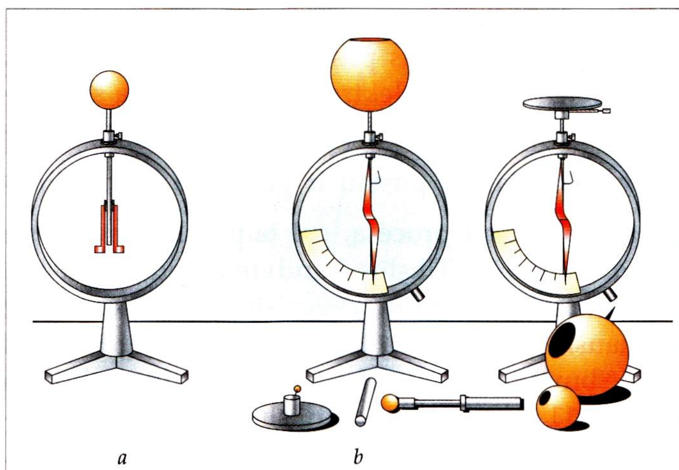
Ieškant kūnų elektrinių savybių priežasčių, manyta, kad kūnai yra kažko pakrauti, todėl elektrinių reiškinių šaltiniai buvo pavadinti **elèktros krū̃viais**. Kad kūnai gali turėti elektros krūvį, t. y. kad jie gali būti įelektrinti, įsitikinome atlikdami bandymus su patrinta į popieriaus lapą ar šilkinį audinį stikline lazdele ir perbrauktomis per kailio atraižą plastikinėmis šukomis arba tušinuku. Visi šie kūnai traukė lengvas popieriaus skiauteles. Trinami jie įsielektrino: lazdelė (arba kailio atraiža) — teigiamai, o šilkinis audinys (šukos arba tušinukas) — neigiamai. Taigi žinome, kad gamtoje yra dviejų rūšių elektros krūviai: teigiamieji ir neigiamieji.

Įelektrinti kūnai tarpusavyje sąveikauja. Vienavardžiais (t. y. vienodų ženklų) krūviais įelektrinti kūnai vieni kitus stumia, įvairiavardžiais (priešingų ženklų) — traukia. Šį teiginį nesunku patikrinti bandymu.

1 bandymas. Prie izoliacinių stovų kaproniniu siūlu pririškime dvi lengvas aliuminio folijos tūteles. Neįelektrintos jos viena kitos neveikia. Įelektrinkime tūteles vienodo ženklo, pavyzdžiui, teigiamuoju, krūviu, priliesdami prie jų į šilką patrintą stiklinę lazdelę. Tūtelės ims tolti viena nuo kitos. Įelektrintos priešingų ženklų krūviais jos artės viena prie kitos.

Elektroskopas

Nustatyti, ar kūnas yra įelektrintas, galima ir specialiu prietaisu, kuris vadinamas **elektroskopù** (gr. *elektron* — gintaras + *skopeo* — žiūriu, stebiu).



4.1 pav.

Mokykloje dažniausiai naudojami dvejopos konstrukcijos elektroskopai. Juos sudaro metalinis virbas, kurio gale įtvirtinti du plono popieriaus lapeliai (4.1 pav., *a*) arba prie kurio pritaisyta lengva rodyklė, galinti laisvai sukiotis (4.1 pav., *b*). Virbas perkištas per plastikinį kamštį, įstatytą į metalinį iš abiejų pusių įstiklintą gaubtą.

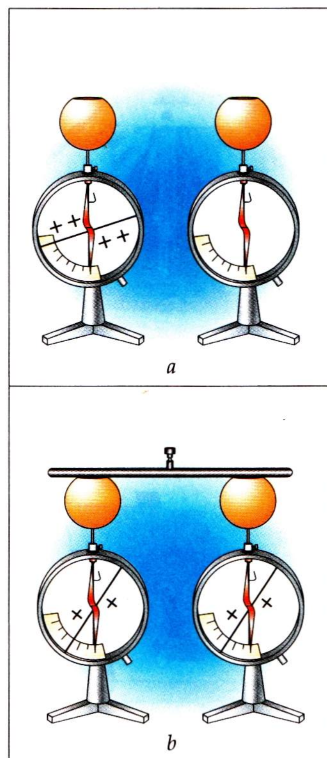
Elektroskopo veikimas pagrįstas įelektrintų kūnų sąveika. Tiriamas kūnas priliečiamas prie virbo. Jeigu su juo sujungti lapeliai prasiskečia arba rodyklė pasisuka, tai kūnas yra įelektrintas. Juo didesnis tiriamo kūno krūvis, juo didesniu kampu prasiskečia lapeliai arba pasisuka rodyklė. Vadinasi, iš lapelių prasiskėtimo kampo bei kampo tarp rodyklės ir virbo galima spręsti, padidėjo ar sumažėjo elektroskopo krūvis.

Elektroskopas su metaliniu korpusu, turintis skalę, vadinamas **elektrometrù.**

Elektros krūvio dalumas

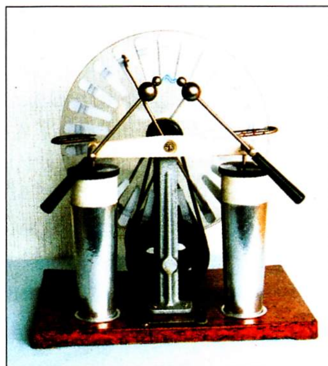
2 bandymas. Įelektrinkime metalinį rutulį, pritvirtintą prie elektroskopo virbo. Elektroskopo rodyklė pasisuka tam tikru kampu (4.2 pav., *a*). Sujunkime šį rutulį metaliniu strypeliu su kitu tokiu pat, tačiau neįelektrintu rutuliu, pritvirtintu prie elektroskopo. Matome, kad pirmajame elektroskope kampas tarp rodyklės ir virbo sumažėjo perpus, o antrojo rodyklė pasisuko tokiu pat kampu, kaip ir pirmojo (4.2 pav., *b*).

4.2 pav.



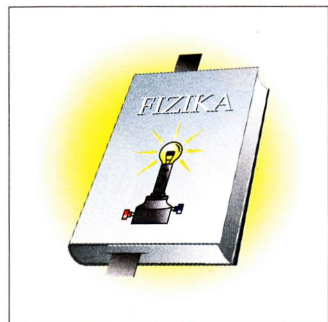
Tai įdomu !

- *1891 metais airių fizikas* *Džordžas Stonis* (G. Stoney) *nedalomą neigiamąjį elektros krūvį pasiūlė vadinti elektronu.*
- *Anglų fizikas* *Džozefas Džonas Tomsonas* (J. J. Thomson) *1897 metais eksperimentuodamas aptiko elektroną.*
- *Didelius skirtingų ženklų elektros krūvius galima gauti elektrostatine mašina (4.3 pav.), kurią 1878 metais sukonstravo anglas Dž. Vimšerstas* (J. Wimsherst).



4.3 pav.

4.4 pav.



Taigi pusė elektros krūvio iš pirmojo rutulio perėjo į antrąjį — krūvis pasidalijo į dvi lygias dalis. Jeigu bet kurį iš šių elektroskopų dar kartą sujungtume su tokiu pat neįelektrintu elektroskopu, krūvis vėl pasidalytų pusiau ir gautume $\frac{1}{4}$ pradinio krūvio. Tęsdami procesą, gal taip galėtume dalyti krūvį iki nulio? Tikslūs bandymai rodo, kad yra krūvio dalijimo riba, t. y. egzistuoja dalelė, turinti mažiausią krūvį, kurio daugiau dalyti negalima. Ši dalelė buvo pavadinta **elektronù**. Skaitinę jo krūvio vertę 1911 metais pirmasis tiksliausiai nustatė amerikiečių fizikas Robertas Milikanas (*R. Millikan*).

Užduotys ??

1. Apvalų pieštuką apvyniokite folija, paskui atsargiai jį ištraukite. Išeis tūtelė. Pasidarykite ir antrąją. Tada pakabinkite abi tūteles ant kaproninių siūlų ir atlikite šiame skyrelyje aprašytus bandymus. Krūvių šaltiniai gali būti įelektrinta stiklinė, šukos, plastikinė liniuotė ir kt.

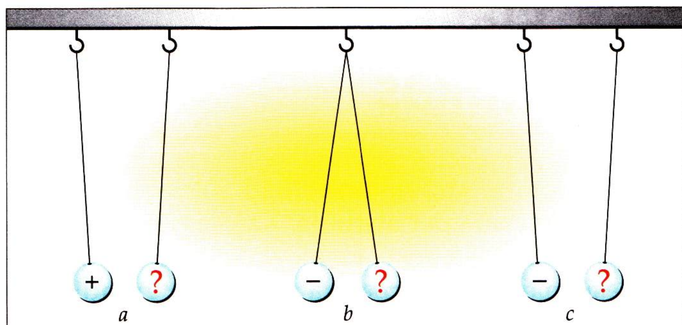
2. Pripūstą oro balionėlį užriškite ilgu siūlu ir patrinkite vilnos, popieriaus ar kaprono skiautele. Laikydami už siūlo, artinkite balionėlį prie kambario sienos, popieriaus skiautelių. Bandymą pakartokite dar su dviem balionėliais. Kaip artinami daiktai veikia vienas kitą?

3. Atkirpkite neplačią polietileno plėvelės juostelę. Sulenkite ją pusiau ir įdėkite į knygą taip, kaip parodyta 4.4 paveiksle. Užvertę knygą, juostelę ištraukite. Ką matote? Bandymą pakartokite, knygą truputį suspausdami.

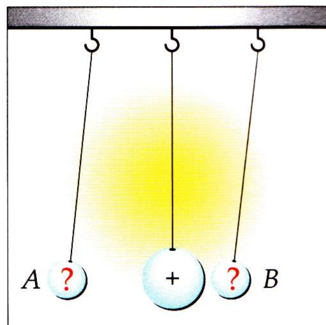
4. Kokio ženklo krūvį turi kiekviename piešinyje (4.5 pav., *a*, *b*, *c*) pavaizduotas dešinysis rutuliukas?

5. Ant siūlo kabo teigiamai įelektrintas rutulys, šalia jo — du lengvi rutuliukai *A* ir *B* (4.6 pav.). Koks yra šių rutuliukų elektros krūvio ženklas?

6. Ant kaproninių siūlų pakabinti du lengvi vienodo ženklo krūviais įelektrinti balionai (4.7 pav.). Kas atsitiks šiems balionams nesvarumo sąlygomis?



4.5 pav.



4.6 pav.

7. Ant kaproninių siūlų kabo kelios poros (gerokai nutolusios viena nuo kitos) iš folijos padarytų rutuliukų (4.8 pav.). Kokio ženklo krūviais jie gali būti įelektrinti?

8. Ant kaproninių siūlų kabo dvi vienodos lengvos folijos tūtelės. Viena jų įelektrinta. Kaip, neturint jokių prietaisų ir medžiagų, nustatyti, kuri tūtelė yra įelektrinta?

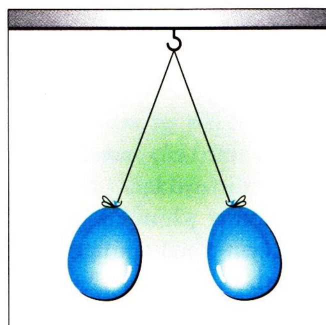
9. Atliekant kūnų įelektrinimo bandymus, įvairius įelektrintus kūnus patariama kabinti ant šilkinių ar kaproninių siūlų. Kodėl?

10. Prie įelektrinto elektroskopo rutuliuko priartinkite (neliesdami) įelektrintą metalinį strypą. Kaip ir kodėl pasikeis elektroskopo rodyklės padėtis?

11. Kodėl elektroskopo strypas gaminamas iš metalo?

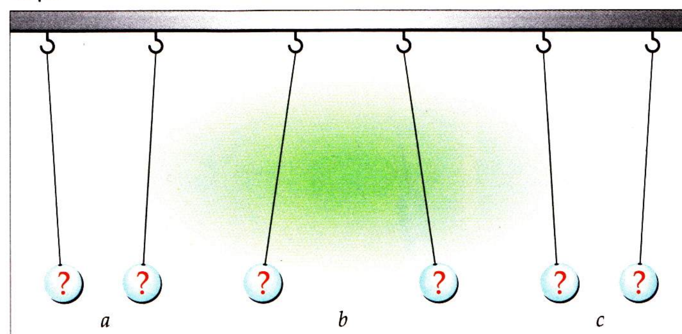
12. Kodėl įelektrintas elektroskopas ilgainiui išsielektrina?

13. Kodėl elektroskopas išsielektrina palietus jo rutuliuką pirštu?



4.7 pav.

4.8 pav.



4.2. Elektrinis laukas

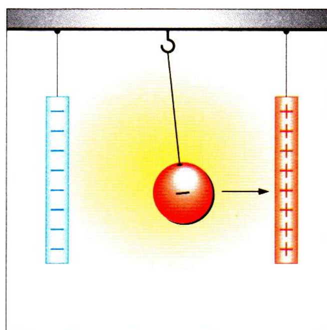
4.1 skyrelyje sužinojome, kad įelektrinti kūnai veikia vienas kitą per atstumą. Kaipgi perduodamas šis poveikis? Mašinose viena dalis veikia kitą, kai abi tiesiogiai liečiasi arba yra sujungtos grandine ar diržu. Vadinasi, ir elektros krūvį turi kažkas perduoti. Gal šį poveikį perduoda oras? Įelektrintą elektroskopą pastatę po siurblio gaubtu ir iš gaubto išsiurbę orą, matytume, kad lapeliai prasiskečia ir beorėje erdvėje. Taigi įelektrintų kūnų sąveikai perduoti oras nereikalingas. Gal tarp įelektrintų kūnų yra kokia nors kita materiali nejaučiama terpė?

Į šį klausimą atsakė anglų mokslininkas Maiklas Faradėjus (*M. Faraday*, 1791—1867). Jis priėjo išvadą, kad erdvė aplink įelektrintą kūną skiriasi nuo erdvės, supančios neįelektrintą kūną. Erdvėje aplink įelektrintą kūną egzistuoja **elektrìnis laũkas**. Jis tam tikra jėga per atstumą veikia kitą kūną, turintį elektros krūvį. Ta jėga buvo pavadinta **elektrinė jėgà**.

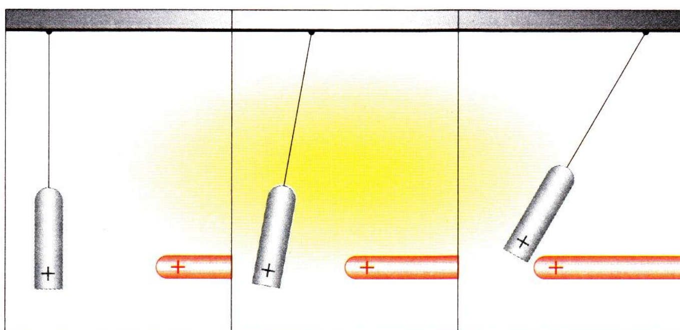
Taigi **aplink įelektrintus kūnus esanti erdvė, kurioje veikia elektrinės jėgos, vadinama elektriniù laukù.** Šio lauko poveikis priklauso nuo jį sukuriančio krūvio ženklo: vienavardžiai krūviai vienas kitą stumia, įvairiavardžiai — traukia.

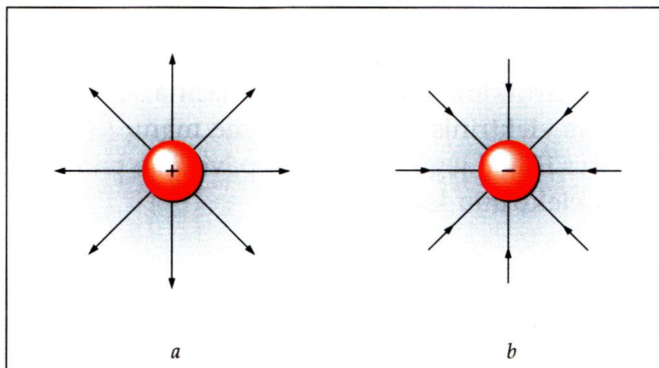
Pavyzdys. Tarp dviejų įvairiavardžiais krūviais įelektrintų plokštelių ant siūlo pakabinamas neigiamąjį krūvį turintis rutuliukas. Jį nuo savęs stumia neigiamai įelektrinta plokštelė (4.9 pav.) ir traukia

4.9 pav.



4.10 pav.





4.11 pav.

teigiamąjį krūvį turinti plokštelė. Visa tai vyksta tarp plokštelių esančiame elektriniame lauke.

1 bandymas. Ant siūlo pakabinkime įelektrintą folijos tūtelę. Prie jos artinkime tokio pat ženklo krūvį turinčią lazdelę (4.10 pav.). Stebėdami siūlo nuokrypio kampą, matome, kad juo arčiau tūtelės yra lazdelė, juo didesne jėga tūtelę veikia lazdelės elektrinis laukas. Vadinasi, *arti įelektrintų kūnų elektrinis laukas yra stipresnis, toliau nuo jų — silpnesnis.*

M. Faradėjus pasiūlė ir elektrinio lauko modelį — vaizduoti lauką vadinamosiomis **jėgų̃ lìnijomis**. Elektrinio lauko jėgų linijų kryptis pasirinkta tokia: jos išeina iš kūno, turinčio teigiamąjį krūvį (4.11 pav., *a*), ir sueina į kūną, kurio krūvis neigiamas (4.11 pav., *b*).

Elektrinio lauko buvimą patvirtina bandymai, iliustruojantys, kad elektrinis laukas veikia medžiagos daleles.

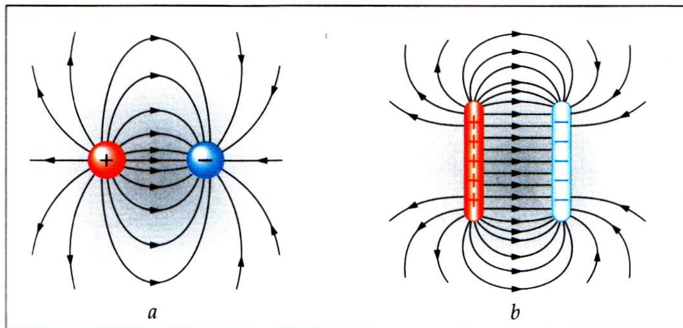
2 bandymas. Iš aliuminio folijos iškirpkime keletą įvairios formos figūrėlių ir prilipinkime jas prie plokščio stiklinio indo dugno. Į indą įpilkime glicerino,

Tai įdomu !!

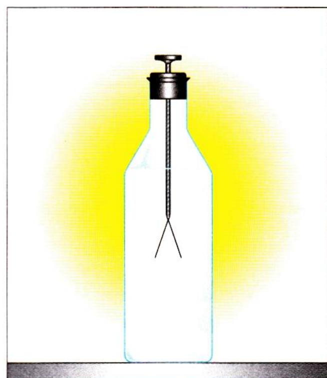
• *Nejudančių elektros krūvių kuriamas elektrinis laukas vadinamas **elektrostãtiniu laukù**. Laidininkų viduje elektrostatinio lauko nėra. Šia savybe pagrįsta elektrostatinė apsauga, arba ekranavimas, t. y. objekto ar aplinkos apsauga nuo elektrinio lauko poveikio. 4.12 paveiksle pavaizduotas ekranuotasis kabelis.*


4.12 pav.

4.13 pav.



ricinos aliejaus ar kurio nors kito klampaus nelaidaus skysčio ir įberkime manų kruopų. Folijos figūrėles įelektrinkime elektrostatine mašina. Aplink jas susidarys elektrinis laukas, kuriame manų kruopos išsidėstys išilgai jėgų linijų. 4.13 paveiksle parodyta keletas elektrinio lauko vaizdų.


4.14 pav.

Užduotys

1. Iš butelio, kamščio, vinies ir plonų aliuminio folijos lapelių pasigaminkite elektroskopą (4.14 pav.).

2. Brūkšnine linija (4.15 pav.) pažymėta pradinė įelektrintų elektroskopo lapelių padėtis. Virbą palietus įelektrinta lazdele, lapeliai užėmė padėtį, pažymėtą ištisine linija. Kurio ženklo elektros krūviu buvo įelektrinta lazdelė abiem atvejais?

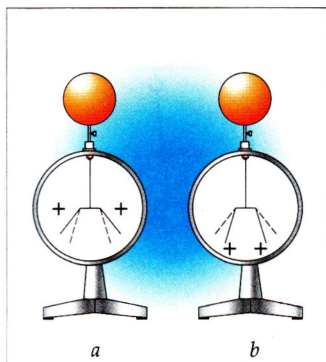
3. Apibūdinkite 4.16 paveiksle pavaizduotų elektroskopų įelektrinimą.

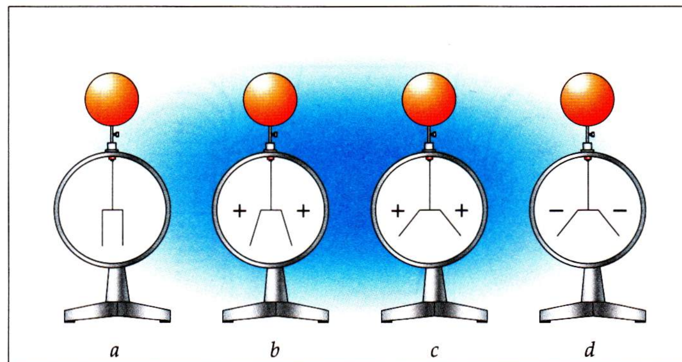
4. Po oro siurblio gaubtu ant siūlų pakabintos dvi lengvos įelektrintos folijos tūtelės (4.17 pav.). Ar pakis jų sąveika, išsiurbus iš gaubto orą?

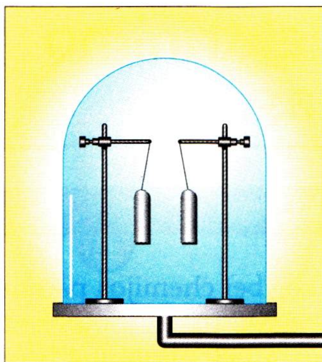
5. Tarp veikiančios elektrostatinės mašinos iškroviklių pakabintas ant siūlo vatos gumulėlis ima svyruoti (4.18 pav.). Paaiškinkite šį reiškinį.

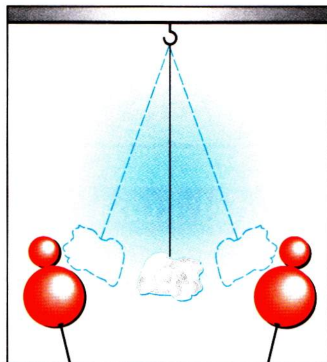
6. Kuriame taške (4.19 pav.) elektrinis laukas yra stipriausias?

7. Teigiamai įelektrinto rutuliuko *A* elektriniame lauke yra neigiamai įelektrinta maža dulkelė

4.15 pav.


4.16 pav.



4.17 pav.

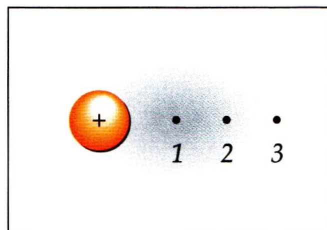

4.18 pav.

B (4.20 pav.). Kuria kryptimi elektrinė lauko jėga veikia dulkelę?

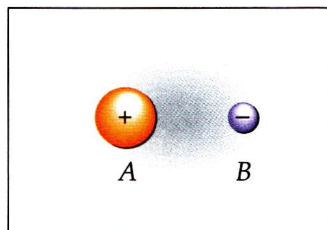
8. Rutuliukų *A* ir *B* elektros krūviai yra vienodo didumo, bet priešingų ženklų (4.21 pav.). Ar įelektrinto rutuliuko *C* elektrinis laukas veikia rutuliukus *A* ir *B* vienoda jėga? Kokia tos jėgos kryptis?

9. Neigiamai įelektrintas rutuliukas *A* perkeliamas į neigiamai įelektrinto rutuliuko *F* elektrinio lauko taškus *B, C, D* ir *E* (4.22 pav.). Kuriame taške rutuliuką veiks didžiausia jėga, kuriame — mažiausia?

10. Neigiamai įelektrintas alyvos lašelis lėtai krinta ant plokštelės, kurios krūvį galima keisti. Iš pradžių plokštelė yra įelektrinta neigiamai. Ką reikia daryti, kad lašelis sustotų? kad imtų kilti aukštyn?

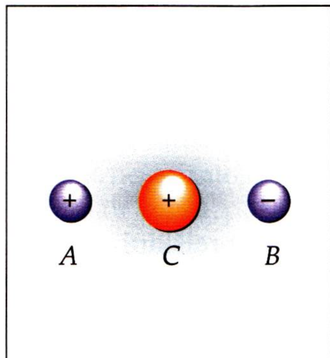


4.19 pav.

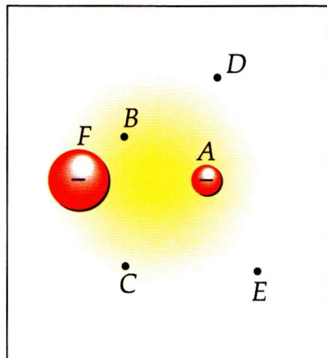


4.20 pav.

4.21 pav.



4.22 pav.



4.3. Kūnų įelektrinimo aiškinimas

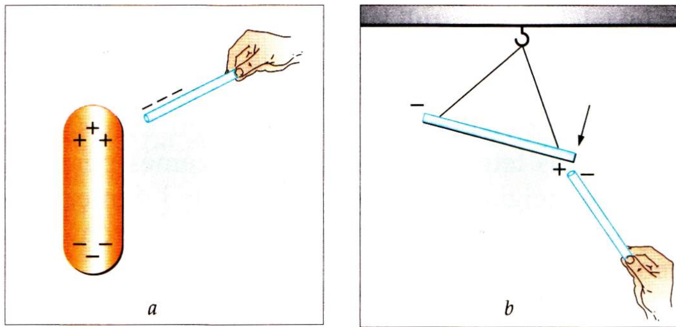
Kodėl kūnai įsielektrina

VII ir VIII klasėje per fizikos bei chemijos pamokas susipažinę su atomo sandara, sužinojome, kad įprastinėmis sąlygomis atomas yra neutralus, nes teigiamasis jo branduolio krūvis lygus neigiamajam aplink branduolį skriejančių elektronų krūviui. Vadinasi, neutralūs ir iš tokių atomų sudaryti kūnai. Iš kurio nors kito kūno gavę elektronų šie kūnai įgyja neigiamąjį krūvį, tuo tarpu juos atidavęs kūnas — teigiamąjį krūvį. Todėl teigiamą arba neigiamą kūnų įsielektrinimą galima paaiškinti elektronų trūkumu arba pertekliumi. Kūnams įsielektrinant, krūviai nesukuriami; jie tik pasidalija tarp kūnų — elektronai pereina iš vieno jų į kitą.

Kūnus įelektrindavome trindami vienus į kitus arba suliesdami su įelektrintais kūnais. Trinant atsiranda geresnis sąlytis tarp kūnų, todėl susidaro palankesnės sąlygos pereiti elektronams. Ypač lengvai elektronai pereina iš vieno metalo į kitą, mat metaluose, kaip žinome, yra elektronų, silpnai susijusių su branduoliu. Kai metalas atsiduria elektriniame lauke, šie elektronai, lauko jėgų veikiami, ima laisvai judėti nuo vieno branduolio prie kito, todėl jie vadinami **laisvaĩsiais elektrònais**. Metaliniu virbu sujungus neįelektrintą elektroskopą su neigiamai įelektrintu elektroskopu, laisvieji virbo elektronai atsiduria elektriniame lauke ir pradeda judėti neįelektrinto elektroskopo link — šis įsielektrina neigiamai.

Įelektrinto ir neutralaus kūno sąveika

Išsiaiškinus kūnų įelektrinimo reiškinį, galima geriau suprasti, kodėl įelektrintas kūnas traukia neįelektrintą kūną. Juk įelektrinto kūno elektrinis laukas veikia tik įelektrintus kūnus.



4.23 pav.

1 bandymas. Prie neutralaus laidaus kūno artinkime neigiamai įelektrintą lazdelę. Jos elektrinis laukas pradeda veikti elektringąsias daleles, iš kurių susideda neutralaus kūno atomai. Lauko veikiami, kūno atomų teigiami branduoliai pajudėti negali, o laisvieji elektronai ima tolti nuo neigiamai įelektrintos lazdelės. Arčiau jos esanti neįelektrinta kūno dalis įsielektrina teigiamai, o toliau esanti — neigiamai (4.23 pav., *a*). Teigiamai įelektrinta kūno dalis yra arčiau neigiamai įelektrintos lazdelės, todėl artėja prie jos. Kūnui palietus lazdelę, dalis jos elektronų pereina į kūną ir šis įsielektrina neigiamai.

Tai ypač ryškiai matyti, kai kūnai yra lazdelės formos (4.23 pav., *b*).

Įžeminimas

Atlikdami bandymą su dviem vienodais elektroskopais (žr. 4.2 pav.), įsitikinome, kad elektros krūvis, kurio neteko pirmo elektroskopo rutulys, perėjo į antrojo rutulį — krūvis pasidalijo pusiau.

2 bandymas. Pakartokime 4.2 paveiksle pavaizduotą bandymą, tik prie antrojo, neįelektrinto, elektroskopo virbo pritvirtinkime didesnį rutulį. Sujungę abu rutulius metaliniu strypeliu, matytume, kad antrojo elektroskopo rodyklė pakrypo labiau nei pirmojo, vadinasi, į didesnį rutulį perėjo daugiau negu pusė pirmajame rutulyje sukaupto krūvio. Keisdami antrojo elektroskopo rutulių dydį, galėtume pastebėti tokį dėsningumą: *juo didesnis kūnas, kuriam perduodamas krūvis, juo didesnė krūvio dalis į jį pereina.*

Jei įelektrintą rutulį laidininku sujungtume su žeme, tai jis atiduotų žemei beveik visą savo krūvį ir taptų neutralus, nes Žemės rutulys nepalyginamai didesnis už elektroskopo rutulį. Jeigu kūnas būtų įelektrintas teigiamai, elektronai iš žemės pereitų į jį, jeigu neigiamai — iš jo nutekėtų į žemę. Tuo pagrįstas kūnų **įžēminimas** — krūvio perdavimas žemei.

Užduotys

1. Ar yra elektros krūvių neįelektrintuose kūnuose?

2. Ar teisingas toks teiginys: „Trinant vieną į kitą elektriškai neutralius kūnus, sukuriami elektros krūviai"?

3. Kodėl atomas yra elektriškai neutralus?

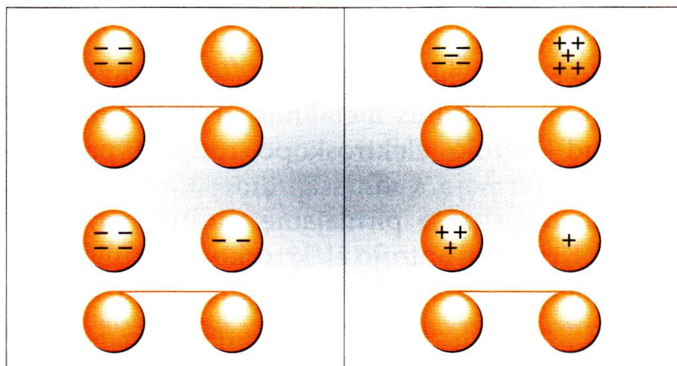
4. Ar yra tokių atomų branduolių, kurių krūvis mažesnis už protono krūvį?

5. Ar gali būti kurios nors neigiamos dalelės krūvis lygus 1,5 elektrono krūvio; $\frac{1}{2}$ elektrono krūvio; 3 elektronų krūviui?

6. Kiek elektronų, protonų ir neutronų turi neutrali vandens molekulė?

7. 4.24 paveiksle pavaizduotos kelios skirtingai įelektrintų metalinių rutuliukų poros (viršutinės padėtys). Minusai rodo neigiamąjį krūvį (elektronų perteklių), pliusai — teigiamąjį (elektronų trūkumą). Juo daugiau ženklų, juo didesnis rutuliuko krūvis. Vienodas ženklų skaičius — krūviai

4.24 pav.



lygūs. Pliusais ir minusais pavaizduokite, kaip pasiskirsto elektros krūviai, rutuliukus sujungus viela (apatinės padėtys). Rodykle pažymėkite kryptį, kuria elektronai juda viela sujungiant rutuliukus.

8. Ar pasikeis neigiamai įelektrinto kūno masė, kai jį paliesime pirštu?

9. Suliečiami du rutuliai, kurių vienas Kaip pakinta kiekvieno rutulio masė? Kodėl?

10. Kodėl benzinvežiai turi kabančią grandinę, kurios vienas galas velkasi žeme?

11. Nusileidus lėktuvui, ant žemės nuleidžiamas metalinis lynas, sujungtas su lėktuvo korpusu. Kodėl?

4.4. Elektros srovė metaluose

Elektros srovės sąvoka

VII klasėje bendrais bruožais susipažinome su elektros srove ir šiluminiu, magnetiniu bei cheminiu jos veikimu. Tačiau tiksliai atsakyti į klausimą, kas yra elektros srovė, padės išnagrinėti elektriniai reiškiniai.

Žinome, kad metalų atomų išoriniai elektronai gali laisvai pereiti iš vieno atomo į kitą. Taigi metalus sudaro teigiamieji jonai ir laisvieji elektronai. Atsidūrę elektriniame lauke, laisvieji elektronai pradeda judėti kryptingai. Tokį daugelio elektronų judėjimą pavadinome **elèktros srovè**.

Panašiai skysčiuose gali judėti kitokios elektringosios dalelės — teigiamieji ir neigiamieji jonai. Vadinasi, laidininkuose juda įvairios elektringosios dalelės, kitaip dar vadinamos **krū̃vininkais** (elektronai, jonai).

Kryptingas elektringųjų dalelių judėjimas vadinamas elektros srove.

Elektros srovės tekėjimo sąlygos

Kad laidininku tekėtų elektros srovė, reikia *elektrinio lauko ir judrių elektringųjų dalelių.*

Veikiamos to lauko, elektringosios dalelės ims slinkti laidininku elektrinių jėgų veikimo kryptimi — atsiras elektros srovė.

Elektrinį lauką sukuria elektros srovės šaltinis. Čia teigiamąjį ir neigiamąjį krūvį turinčios dalelės, veikiamos mechaninės, cheminės, vidinės ar kitokios energijos, atsiskiria vienos nuo kitų ir kaupiasi šaltinio poliuose (viename — teigiamosios dalelės, kitame — neigiamosios). Tarp jų susidaro elektrinis laukas. Sujungus polius laidininku, kuriame yra krūvininkų (metaluose — elektronų, elektrolituose — jonų), juo pradeda tekėti elektros srovė. Kad ji nesilpnėtų, srovės šaltinyje krūvininkai turi būti perskiriami nuolat.

Butuose įrengti elektros lizdai nėra savarankiški srovės šaltiniai. Jie sujungti laidais su elektrinių generatoriais (lot. *generator* — gamintojas), gaminančiais elektros energiją. Tačiau kišeninio žibintuvėlio baterija, automobilio generatorius, akumuliatorius yra srovės šaltiniai.

Elektros srovės kryptis

Nors elektronai juda iš srovės šaltinio neigiamojo poliaus į teigiamąjį, *elektros srovės kryptimi,* kaip žinome, *susitarta laikyti kryptį* ***nuo teigiamojo poliaus neigiamojo link,*** nes tuo metu dar nežinota tikroji krūvininkų judėjimo kryptis. Teigiamieji krūvininkai (teigiamieji jonai skysčiuose ir dujose) juda elektros srovės tekėjimo kryptimi.

Elektrinio lauko veikiami elektronai juda nuolat susidurdami su metalų jonais, dėl to yra stabdomi, daug kartų keičia judėjimo kryptį. Jų vidutinis kryptingas greitis siekia vos 0,1—1 mm/s. Tačiau susidurdami kryptį keičia tik pavieniai elektronai, tuo tarpu dauguma juda viena kryptimi — iš neigiamojo poliaus į teigiamąjį.

Nors krūvininkai laidininkuose kryptingai juda nedideliu greičiu, tačiau elektrinis laukas išilgai jų sklinda milžinišku greičiu, lygiu šviesos greičiui tuštumoje (300 000 km/s).

Užduotys

1. Tarp elektrostatinės mašinos rutuliukų (iškroviklių) šoka kibirkštis. Ar ją galima laikyti elektros srove?

2. Ar žaibą galima laikyti elektros srove?

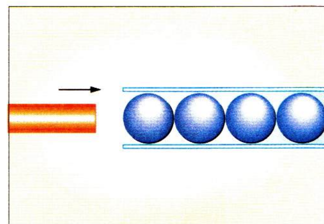
3. Ranka palietus elektroskopo virbą, elektroskopas išsielektrino. Ar galima tvirtinti, kad tuo metu elektroskopo virbu tekėjo elektros srovė?

4. 4.25 paveiksle pavaizduotas pilnas metalinių rutuliukų stiklinis vamzdelis. Kairiajame jo gale esantį rutuliuką stuktelkime lazdele. Visi rutuliukai pasislinks. Ar galima tokiu bandymu iliustruoti elektronų judėjimą laidininku?

5. Kuriame įelektrintus elektroskopus jungiančiame laidininke atsiras elektros srovė (4.26 pav.)?

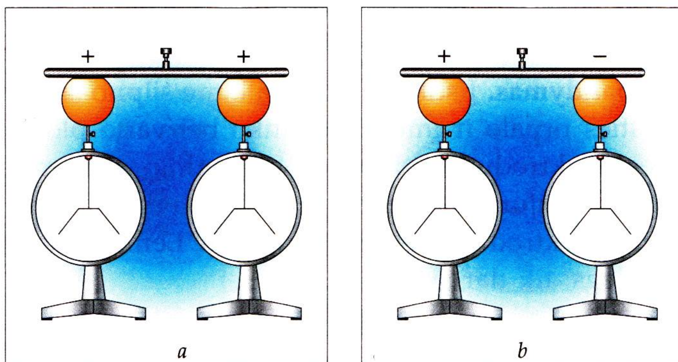
6. Kodėl šiluminis elektronų judėjimas laidininku negali būti pavadintas elektros srove?

7. Kuo iš esmės skiriasi elektros srovė, tekanti metaliniu laidininku, prijungtu prie srovės šaltinio polių, nuo elektros srovės, atsiradusios tame pat laidininke, kuriuo išelektrinamas elektroskopas?



4.25 pav.

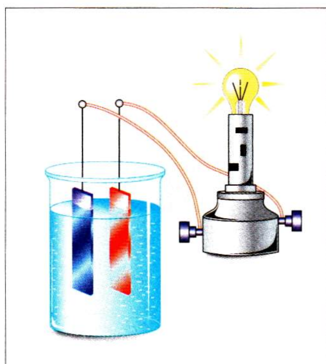
4.26 pav.



4.5. Elektros srovės šaltiniai

4.4 skyrelyje nurodėme bendrą elektros srovės šaltinių paskirtį: atskirti teigiamas elektringąsias daleles nuo neigiamų ir gauti elektros energiją, kurią būtų galima tiekti vartotojams.

Dabar susipažinkime su keletu elektros srovės šaltinių: **elèktros mašìnomis, galvãniniais elemeñtais** ir **akumuliãtoriais**.


4.27 pav.

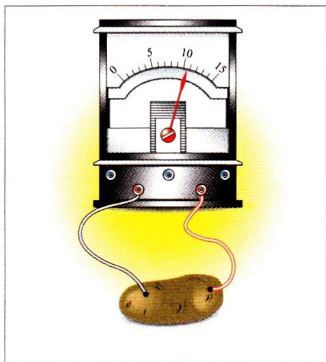
Elektros mašinos

Aptarkime elektros mašinas.

1 bandymas. Sukime elektrostatinės mašinos (žr. 4.3 pav.) rankeną. Pamatysime tarp jos rutuliukų (iškroviklių) šokančią kibirkštį — teka elektros srovė.

Nesigilindami į šios mašinos veikimo principą, galime teigti, kad mechaninė energija virto elektros energija. Vėliau aptarsime sudėtingesnes mašinas — elektros generatorius, kurie galingose elektrinėse įvairių rūšių energiją (vandens, vėjo, anglių, mazuto, atomo ir kt.) verčia elektros energija.

Galvaniniai elementai

4.28 pav.


Tai labai paplitę srovės šaltiniai. Pasidaryti galvaninį elementą visiškai nesudėtinga.

2 bandymas. Į stiklinį indą įpilkime silpno sieros rūgšties tirpalo ir įmerkime cinko bei vario plokšteles (elektrodus). Prie tokio galvaninio elemento gnybtų prijunkime lemputę (4.27 pav.). Ji švyti. Varinį elektrodą pakeiskime angliniu. Lemputė taip pat degs, tik dar šviesiau.

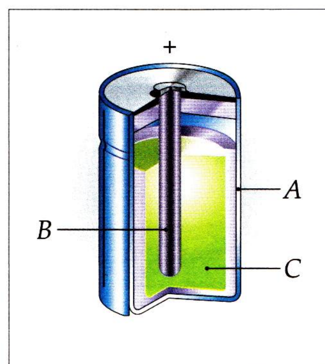
Galimas ir toks elementas, kurį jau nagrinėjote VII klasėje per fizikos pamoką.

3 bandymas. Vieną švininės, cinkinės, varinės arba geležinės vielos galą prijunkime prie galvanometro — jautraus prietaiso elektros srovei matuoti, o kitą įsmeikime į bulvę, obuolį ar citriną (4.28 pav.). Panašiai galvanometrą ir bulvę (arba obuolį, citriną) sujunkime antra kitokio metalo viela. Matysime, kad, įsmeigus į bulvę skirtingų metalų vielas, galvanometro rodyklė nukrypsta — prietaisu teka elektros srovė. Kai į bulvę įsmeigiamos dvi to paties metalo vielos (pavyzdžiui, abi švininės), srovė neteka.

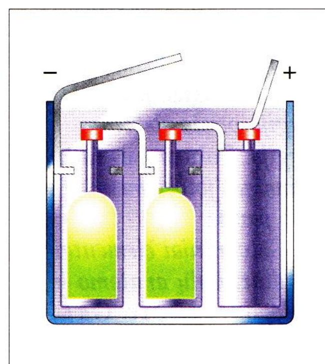
Išnagrinėkime kišeninio žibintuvėlio elemento konstrukciją ir veikimą. Šį galvaninį elementą (4.29 pav.) sudaro cinko cilindras *A*, anglies strypelis *B*, įdėtas į maišelį su mangano (IV) oksido ir anglies mišiniu. Kita cilindro *A* dalis *C* pripildyta tiršto kleisterio (vok. *Kleister* — klijai iš krakmolo arba miltų), pagaminto iš miltų ir amonio chlorido tirpalo.

Amonio chlorido tirpalas sąveikauja su cinku. Nuo cinko atsiskiria teigiamieji jonai, ir jis įsielektrina neigiamai, o anglies strypelis — teigiamai. Įelektrintas cinko indas ir anglies strypelis vadinami elektrodais. Tarp jų atsiranda elektrinis laukas. Sujungus šiuos elektrodus laidininku, juo teka elektros srovė.

Keletas sujungtų galvaninių elementų sudaro bateriją. 4.30 paveiksle parodyta kišeninio žibintuvėlio baterija. Jos pirmojo elemento anglies strypelis sujungtas su antrojo elemento cinko cilindru, o antrojo elemento anglies strypelis — su trečiojo elemento

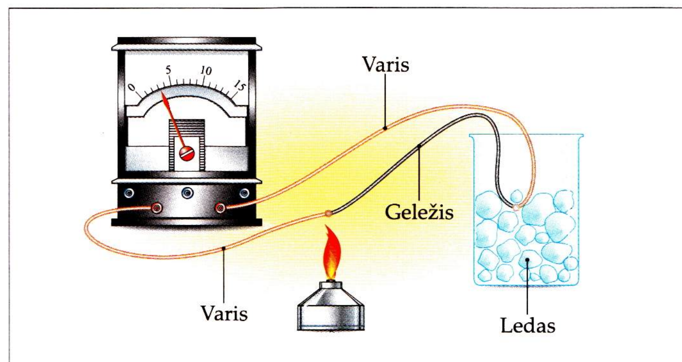


4.29 pav.



4.30 pav.

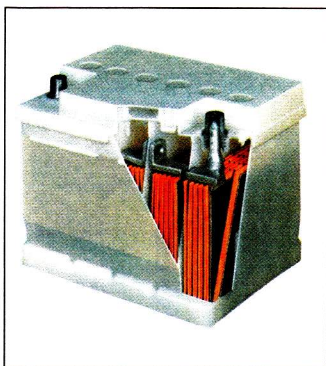
4.31 pav.



Tai įdomu !

• *Elektros energija gali virsti ir vidinė energija. Sulitavus du nevienodo metalo, pavyzdžiui, vario ir geležies, laidus ir vieną sulitavimo vietą pašildžius, o kitą atšaldžius, laidais pradeda tekėti elektros srovė. Toks šaltinis vadinamas termoelementù (4.31 pav.).*

cilindru. Nuo pirmojo elemento cilindro ir trečiojo elemento strypelio išvestos dvi metalinės plokštelės — baterijos poliai.



4.32 pav.

Akumuliatoriai

Elektros akumuliatoriais (lot. *accumulare* — kaupti) vadinami įtaisai (4.32 pav.), kaupiantys cheminę energiją, kurią galima panaudoti vėliau. Kad akumuliatorius būtų srovės šaltinis, juo reikia praleisti elektros srovę, t. y. jį įkrauti. Tuo metu dėl vykstančių cheminių reakcijų vienas elektrodas įsielektrina teigiamai, kitas — neigiamai.

Įkraunant akumuliatorių, teigiamasis šaltinio polius sujungiamas su teigiamuoju akumuliatoriaus poliumi, o neigiamasis — su neigiamuoju. Akumuliatoriui išsikraunant, cheminė energija virsta elektros energija.

Plačiausiai naudojami rūgštiniai (švino) akumuliatoriai. Juos sudaro indas su sieros rūgšties tirpalu, kuriame panardintos dvi švininės gardelės (viena — su įpresuotu puriu švinu, kita — su švino (IV) oksidu), vadinamos elektrodais. Patvaresni ir lengvesni už rūgštinius yra šarminiai akumuliatoriai, kurių plokštės panardintos šarmo skiedinyje. Jiems reikia mažiau priežiūros.

Iš elektros akumuliatorių, kaip ir iš galvaninių elementų, galima sudaryti bateriją.

Akumuliatoriai plačiai naudojami transporte: geležinkelio vagonams ir automobiliams apšviesti, automobilių varikliams užvesti ir pan.

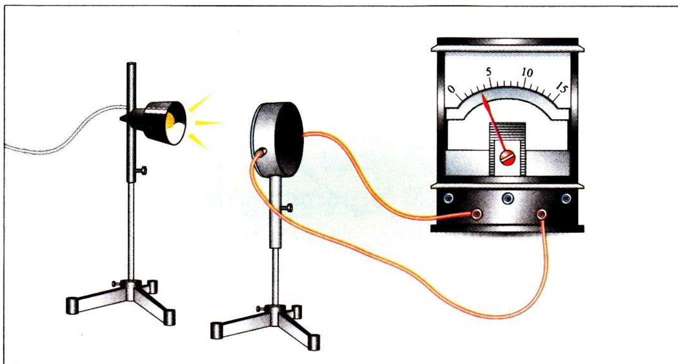
Tai įdomu ! !

• *Apšvietus seleną, vario oksidą, silicį ir kai kurias kitas medžiagas, jose šviesos energija virsta elektros energija. Toks srovės šaltinis vadinamas fotoelementù (4.33 pav.).*

• *Galvaniniai elementai pavadinti italų anatomo ir fiziologo Luidžio Galvanio* (L. Galvani, *1737—1798) pavarde. Preparuodamas varles, jis pastebėjo, kad varlės šlaunelė trukteldavo, kai prie jos priglausdavo du skirtingus metalus. Šis atradimas padėjo italų fizikui ir fiziologui Alesandrui Voltai* (A. Volta, *1745—1827) sukurti praktiniam naudojimui tinkamus elektros srovės šaltinius.*

• *XIX amžiaus pirmojoje pusėje galvaniniai elementai buvo vieninteliai elektros srovės šaltiniai.*

4.33 pav.



Užduotys

1. Ar galima pasidaryti galvaninį elementą, įmerkus į rūgšties tirpalą dvi varines plokšteles; dvi cinkines plokšteles?

2. Kaip sukonstruotas galvaninis elementas?

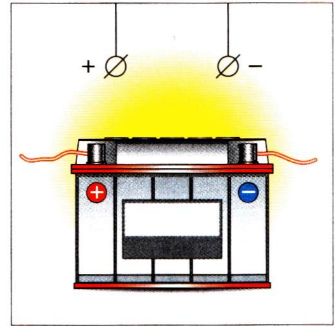
3. Kokie energijos virsmai vyksta galvaniniame elemente, kai juo naudojamasi kaip srovės šaltiniu?

4. Kokie energijos virsmai vyksta įkraunant ir iškraunant akumuliatorių?

5. Reikia įkrauti akumuliatorių. Kaip prijungti prie srovės šaltinio iš akumuliatoriaus gnybtų einančius laidus (4.34 pav.)?

6. Kaip galvaniniai elementai jungiami į bateriją?

7. Interneto tinklalapiuose paieškokite informacijos apie galvaninių elementų ir akumuliatorių taikymą praktikoje ir parenkite šia tema projektinį darbą.



4.34 pav.

4.6. Elektros grandinė

Elektros grandinė

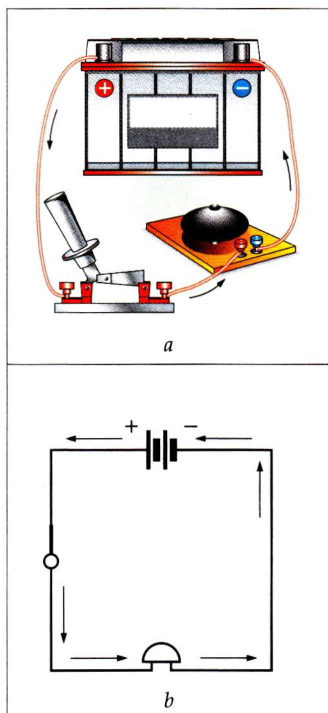
Srovės šaltiniai maitina elektros energijos imtuvus: lempas, variklius, virykles, įvairius prietaisus. Su jais tie šaltiniai sujungiami laidais. Jungikliais norimu momentu energijos imtuvai įjungiami arba išjungiami.

Srovės šaltinis, imtuvai ir jungikliai, sujungti vienas su kitu laidais, sudaro **elèktros grandìnę** (4.35 pav., *a*).

Elektros grandinėje srovė teka iš teigiamojo šaltinio poliaus (per imtuvus, jungiklius) į neigiamąjį polių (elektronų judėjimo kryptis yra priešinga), šaltinio viduje — iš neigiamojo poliaus į teigiamąjį.

Į elektros grandinę įjungtas prietaisas gali veikti tik tada, kai grandinė yra *uždara*, t. y. kai sujungti abu šaltinio poliai ir įjungtas jungiklis. Išjungus jungiklį, grandinė tampa atvira, srovė ja neteka. Elektros srovė nustoja tekėti grandine ir tada, kai kurioje nors vietoje nutrūksta jungiamasis laidas.

Elektrinė schema

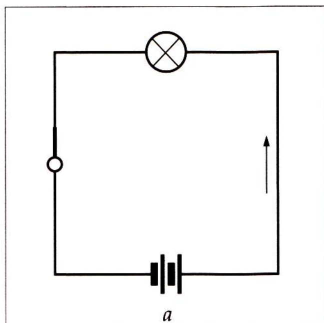


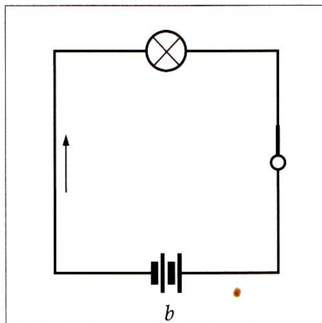
4.35 pav.

Elektros grandinės labai dažnai vaizduojamos brėžiniais. Tai ypač svarbu, kai reikia sukurti ar sujungti sudėtingas grandines, ieškoti gedimų. Brėžiniai, kuriuose pavaizduoti elektrinių prietaisų jungimo grandinėje būdai, vadinami **elektrìnėmis schèmomis** (4.35 pav., *b*).

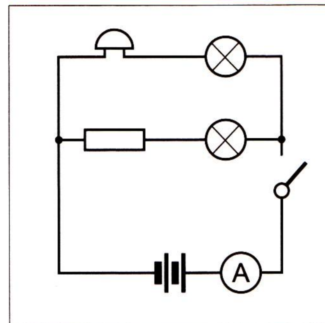
Grandinių dalys, jungimo būdai schemose žymimi sutartiniais ženklais. Pateikiame kai kuriuos jų, vartojamus dažniausiai:

Grandinės dalies pavadinimas	Jos paveikslas	Simbolis
Kaitinamoji lempa		
Sujungti laidai		
Susikertantys laidai		
Gnybtai		
Jungiklis		
Ampermetras		A
Elektrinis skambutis		
Voltmetras		V
Elementas, elementų baterija		– + – +
Varžas (rezistorius)		
Šliaužiklinis reostatas		
Saugiklis		

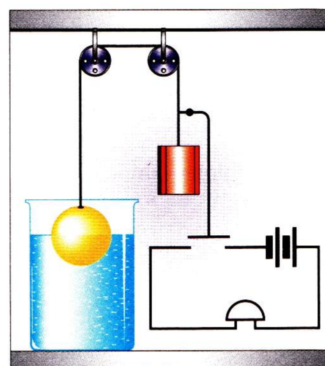




4.36 pav.



4.37 pav.



4.38 pav.

Užduotys

1. Išnagrinėkite schemas (4.36 pav.) ir nurodykite, kurioje jų rodykle pažymėta elektronų judėjimo kryptis, kurioje — elektros srovės kryptis.

2. Kokie prietaisai įjungti į elektros grandinę, kurios schema pavaizduota 4.37 paveiksle?

3. Nubraižykite elektros grandinės, sudarytos iš lemputės, rezistoriaus, jungiklio ir akumuliatoriaus, schemą.

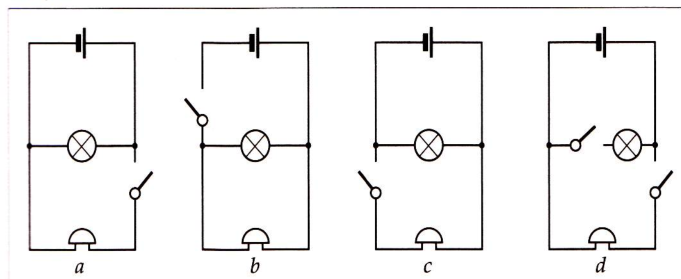
4. Apie vandens lygį rezervuare signalizuoja automatas. Jo schema pavaizduota 4.38 paveiksle. Paaiškinkite, kaip veikia šis automatas.

5. Kurioje 4.39 paveikslo schemoje vienu jungikliu galima išjungti ir lemputę, ir skambutį?

6. Nubraižykite tokios grandinės schemą, pagal kurią vienu metu būtų galima išjungti lemputę ir įjungti skambutį.

7. Grandinę sudaro akumuliatorius, lemputė, du skambučiai ir du jungikliai. Nubraižykite tokią šios grandinės schemą, kad kiekvienas skambutis būtų įjungiamas atskiru jungikliu ir, įjungiant kiekvieną skambutį, užsidegtų lemputė.

4.39 pav.



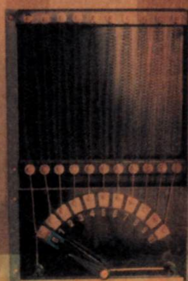
Skyriaus „Elektros srovė“ santrauka

Elektringosios dalelės	Elektros krūvį turinčios dalelės vadinamos elektringosiomis dalelėmis. Judrios elektringosios dalelės dar vadinamos krūvininkais. Elektronas — dalelė, turinti mažiausią neigiamąjį krūvį.		
Kūnų įelektrinimas	Neutralus	Teigiamas	Neigiamas
	Jeigu neigiamasis kūno krūvis lygus teigiamajam jo krūviui, tai kūnas yra neutralus	Kūnas, kuriam trūksta elektronų, įelektrintas teigiamai	Kūnas, kuriame elektronų yra per daug, įelektrintas neigiamai
	Atomas yra elektriškai neutralus, nes teigiamasis jo branduolio krūvis lygus neigiamajam visų jo elektronų krūviui. Ar kūnas yra įelektrintas, galima nustatyti elektroskopu.		
Elektrinis laukas	Aplink įelektrintus kūnus esanti erdvė, kurioje veikia elektrinės jėgos, vadinama elektriniu lauku. Arti įelektrintų kūnų šis laukas yra stipresnis, toliau nuo jų — silpnesnis.		
Įelektrintų kūnų sąveika	Vienodų ženklų krūviais įelektrinti kūnai vieni kitus stumia, priešingų ženklų — traukia.		

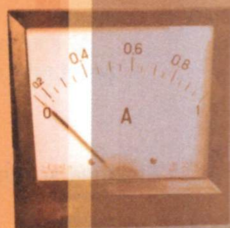
Elektros srovė	Kryptingas elektringųjų dalelių judėjimas vadinamas elektros srove. Elektros srovės tekėjimo sąlygos: 1) elektrinis laukas (jį sukuria srovės šaltiniai); 2) judrios elektringosios dalelės (metaluose — laisvieji elektronai).
Srovės šaltiniai	Srovės šaltiniai atskiria teigiamąsias elektringąsias daleles nuo neigiamųjų. Tuo metu mechaninė, cheminė ar kitokia energija virsta elektros energija, kuri gali būti tiekiama vartotojams. Plačiausiai naudojami srovės šaltiniai: • galvaniniai elementai, • akumuliatoriai.
Elektros grandinė	Srovės šaltinis, imtuvai ir jungikliai, sujungti vienas su kitu laidais, sudaro elektros grandinę. Elektros srovė teka tik uždarąja grandine iš teigiamojo šaltinio poliaus į neigiamąjį.
Elektrinė schema	Brėžinys, kuriame pavaizduoti elektrinių prietaisų jungimo grandinėje būdai, vadinamas elektrine schema.

E l e k t r a









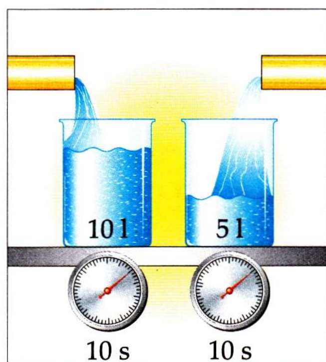
5 Elektros srovės stipris, įtampa, varža

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- elektros srovę apibūdinančiais dydžiais: srovės stipriu, įtampa;
- elektrinės laidininkų varžos sąvoka;
- medžiagos savitosios varžos sąvoka;
- į elektros grandinę jungiamais prietaisais: ampermetru, voltmetru, rezistoriumi (varžu), reostatu;
- Omo dėsniu grandinės daliai.

5.1. Elektros srovės stipris

Elektros srovei apibūdinti vartojami įvairūs fiziniai dydžiai, tačiau vienas svarbiausių yra **elèktros srovė̃s stìpris**.



5.1 pav.

Hidrodinaminė analogija

Srovės stiprį galima paaiškinti tokia hidrodinamine analogija (gr. *hydor* — vanduo + *dynamikos* — jėgos, jėginis, gr. *analogia* — atitikimas). Tarkime, kad iš dviejų vienodo skerspjūvio vamzdžių bėga vanduo. Per tą patį laiko tarpą iš vamzdžių išteka nevienodas jo kiekis. Todėl galime sakyti, kad vamzdžiais teka nevienodo stiprio vandens srovė. Norint tiksliai apibūdinti vamzdžių pralaidumą, reikia apskaičiuoti, kiek vandens jais prateka per 1 s. Tai galima nustatyti leidžiant vandenį iš vamzdžių į atskirus indus ir pažymint ištekėjusio vandens tūrį bei tekėjimo trukmę. 5.1 paveiksle pavaizduotas bandymas rodo, kad per 10 s iš kairiojo vamzdžio išbėga 10 l, iš dešiniojo — 5 l. Vadinasi, per 1 s iš kairiojo vamzdžio išteka 1 l vandens, iš dešiniojo — 0,5 l. Taigi prieiname išvadą, kad kairiuoju vamzdžiu teka du kartus stipresnė vandens srovė.

Fizikinė srovės stiprio prasmė

Panašiai galima apibūdinti ir elektros srovės stiprį, t. y. elektringųjų dalelių kryptingo judėjimo laidininku intensyvumą. Kiekviena judri elektringoji dalelė, judėdama grandine, kartu perneša elektros krūvį. Juo daugiau dalelių nuskrieja nuo vieno šaltinio poliaus prie kito, juo didesnį bendrą elektros krūvį jos perneša. **Srovės stipris rodo, kokio didumo elektros krūvis pernešamas laidininko skerspjūviu per 1 s.** Juo daugiau elektronų pereina metalinio laidininko skerspjūviu per 1 s, juo stipresnė elektros srovė.

Elektros srovės stiprį pažymėję raide I, laidininko skerspjūviu pratekėjusį elektros krūvį — q, jo tekėjimo laiką — t, gausime:

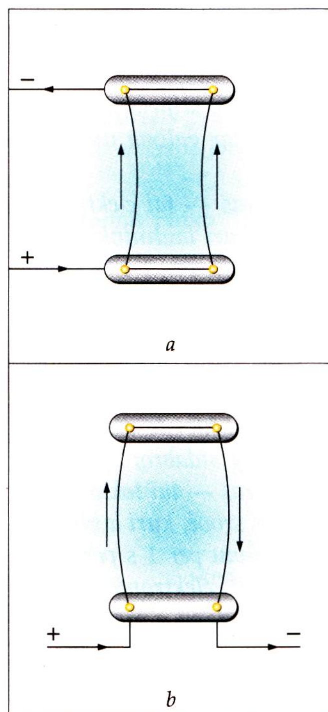
$$\text{srovės stipris} = \frac{\text{elektros krūvis}}{\text{laikas}}, \text{ arba } I = \frac{q}{t}.$$

Elektros srovės stipris lygus elektros krūvio q ir laiko t, per kurį tas krūvis pereina laidininko skerspjūviu, santykiui.

Srovės stiprio matavimo vienetai

1948 metais Generalinėje svarsčių ir matų konferencijoje nutarta srovės stiprio vienetą nustatyti remiantis dviejų laidininkų, kuriais teka srovė, magnetine sąveika. Šią sąveiką pailiustruosime bandymu.

Bandymas. Du lanksčius tiesius ir lygiagrečius vienas su kitu laidininkus (tinka metalinės folijos juostelės) trumpam prijunkime prie srovės šaltinio. Kai srovė laidininkais teka viena kryptimi (5.2 pav., *a*), jie vienas kitą traukia, kai priešingomis kryptimis (5.2 pav., *b*) — stumia. Pagal laidininkų sąveikos jėgos didumą galima spręsti apie jais tekančios srovės stiprį.



5.2 pav.

Įsivaizduokime, kad du be galo ilgi labai ploni lygiagretūs laidai yra tuštumoje, arba vakuume (lot. *vacuum* — tuštuma). Atstumas tarp jų lygus 1 m. Laidais teka vienodo stiprio srovė.

Srovės stiprio vienetu laikoma tokio stiprio srovė, kuriai tekant šitokiais laidais vieno laido kiekvienas metras veikia kito laido kiekvieną metrą $2 \cdot 10^{-7}$ N (0,0000002 N) jėga. Šis vienetas vadinamas *amperù* ir žymimas A:

$$[I] = 1\ \text{A}.$$

Tai vienas iš septynių pagrindinių tarptautinės sistemos (SI) vienetų.

Vartojami taip pat daliniai ir kartotiniai vienetai: *mikroampèras* (μA), *miliampèras* (mA), *kiloampèras* (kA).

$$1\ \mu\text{A} = 0{,}000001\ \text{A} = 10^{-6}\ \text{A};$$
$$1\ \text{mA} = 0{,}001\ \text{A} = 10^{-3}\ \text{A};$$
$$1\ \text{kA} = 1000\ \text{A} = 10^{3}\ \text{A}.$$

Srovės stiprio matavimo vienetas pavadintas prancūzų mokslininko A n d r ė M a r i A m p e r o (*A. M. Ampere*, 1775—1836) garbei. Jis pirmasis pavartojo elektros srovės sąvoką.


ANDRĖ MARI AMPERAS (*A. M. Ampere*, 1775—1836) — įžymus prancūzų fizikas ir matematikas. Sukūrė pirmąją elektrinių ir magnetinių reiškinių ryšio teoriją, magnetizmo teoriją, pagrįstą molekulinių srovių hipoteze, pirmasis pavartojo elektros srovės sąvoką, atrado mechaninę elektros srovių sąveiką.

Tai įdomu !!

• *Srovės stiprio matavimo vienetą dar galima nusakyti ir taip:*
amperas — tai elektros srovės, kuri laidininko skerspjūviu per 1 s perneša 1 C krūvį, stipris;
amperas — tai tokio stiprio elektros srovė, kuriai tekant sidabro nitrato tirpalu per 1 s ant elektrodo išsiskiria 1,118 mg sidabro;
amperas — tai tokio stiprio elektros srovė, kuri laidininko skerspjūviu per 1 s perneša $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elektronų.

• *Norėdami geriau suvokti, kokios daugybės elektronų krūvis tolygus 1 C krūviui, įsivaizduokime, kad turime tobulą kompiuterį, kuris per sekundę gali suskaičiuoti 1000 elektronų. Be perstojo dirbdamas šis kompiuteris $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elektronų suskaičiuotų tik per 200 milijonų metų.*

Krūvio matavimo vienetas

Žinant srovės stiprio matavimo vienetą, galima nesunkiai nustatyti elektros krūvio vienetą. Pagerbiant prancūzų fiziką Šarlį Ogiusteną Kuloną (*Ch. A. Coulomb*, 1736—1806), elektros krūvio vienetas buvo pavadintas *kulonù*. Sutrumpintai jis žymimas raide C.

Iš formulės $I = \frac{q}{t}$ išeina, kad

$$q = It,$$

todėl

$$[q] = [I] \cdot [t] = 1\ \text{A} \cdot 1\ \text{s} = \mathbf{1\ C}.$$

Kulonas lygus elektros krūviui, kurį laidininko skerspjūviu per 1 s perneša 1 A stiprio srovė.

Neigiamąjį elektrono krūvį įprasta žymėti raide e; $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. Tai labai mažas krūvis. Tekant laidininku 1 A stiprio srovei, jo skerspjūviu per 1 s pereina $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elektronų. Šitaip suskaičiuoti elektronus ir sužinoti srovės stiprį praktiškai neįmanoma, todėl jį paprasčiau nustatyti pagal srovės poveikį: magnetinį, šiluminį, cheminį.

Užduotys ??

1. Vienus srovės stiprio matavimo vienetus išreikškite kitais:

3 A = ... mA, 150 000 μA = ... A;
10 A = ... kA, 20 mA = ... μA;
4 A = ... μA, 750 mA = ... A.

2. Remdamiesi srovės stiprio formule, apskaičiuokite trūkstamus dydžius ir užpildykite lenteles:

Eil. nr.	Srovės stipris I	Elektros krūvis q	Laikas t
1	1 A	1 C	
2	3 A		6 s
3		5 C	10 s
4		60 C	0,5 min
5	4 mA		
6			2 s

Eil. nr.	Elektros krūvis q	Laikas t	Srovės stipris I	
			A	mA
1	5 C	1 s		
2	5 C	0,5 min		
3	20 As	10 s		
4		15 s	2	
5	400 C			
6			3	

3. Pagal 2 užduoties antrosios lentelės 4 eilutės duomenis sukurkite konkretaus uždavinio sąlygą.

4. Vieną kartą laidininko skerspjūviu elektros krūvis q prateka per 1 s, kitą kartą krūvis $10q$ — per 1 min. Palyginkite abiem atvejais laidininku tekančios srovės stiprį.

5. Viena lempute 450 C elektros krūvis prateka per 5 min, kita — 15 C per 10 s. Kuria lempute teka stipresnė elektros srovė?

6. Elektriniu lituokliu teka 500 mA stiprio elektros srovė. Per kiek laiko šiuo lituokliu pratekės 100 C elektros krūvis?

Tai įdomu !!

• *Kai kuriais prietaisais tekančios elektros srovės stipris*

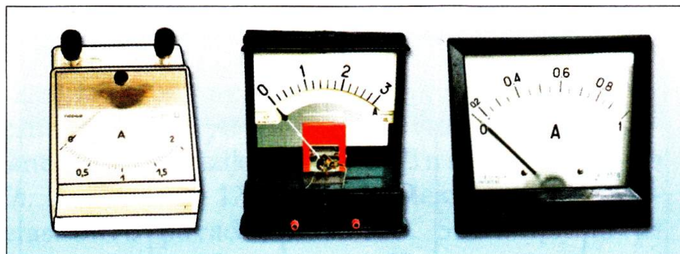
Tranzistorinis radijo imtuvas	50 mA
Elektrinis skustuvas	75 mA
Kišeninis žibintuvėlis	0,28 A
100 W lemputė	0,45 A
Televizorius	1 A
Laidynė	2—5 A
Skalbimo mašina	3 A
Elektrinė krosnelė	5—10 A
Troleibusas	1500—3000 A
Suvirinimo aparatas	500 A
Aliuminio lydymo krosnis	10 000 A
Elektros generatorius	20 000 A
Palyginimui — žaibas	10—20 kA.

3-iasis laboratorinis darbas. **Elektros srovės stiprio matavimas**

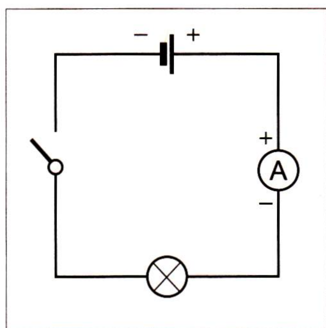
Ampermetras

Elektros srovės stipris grandinėje matuojamas specialiais prietaisais, kurie vadinami **ampermètrais**. 5.3 paveiksle matote keletą mokykloje naudojamų ampermetrų: demonstracinį (viduryje) ir laboratorinius (iš šonų). Jų skalėje, sugraduotoje amperais, rašoma raidė A. Prisiminkite, jog elektrinėse schemose ampermetras žymimas simboliu —Ⓐ— (žr. lentelę p. 88).

Į elektros grandinę ampermetras jungiamas dviem gnybtais. Ties vienu iš jų pažymėtas pliuso (+), ties kitu — minuso (–) ženklas (minuso ženklo kartais



5.3 pav.



5.4 pav.

nebūna). Gnybtas su pliuso ženklu laidu jungiamas prie srovės šaltinio teigiamojo poliaus, o gnybtas su minuso ženklu — prie šaltinio neigiamojo poliaus (5.4 pav.).

Ampermetras į elektros grandinę jungiamas nuosekliai (ta pati srovė teka iš eilės visomis grandinės dalimis). Jis beveik nekeičia elektros srovės stiprio grandinėje (nes labai maža jo varža) ir rodo, kad *visose jos dalyse srovės stipris yra vienodas.*

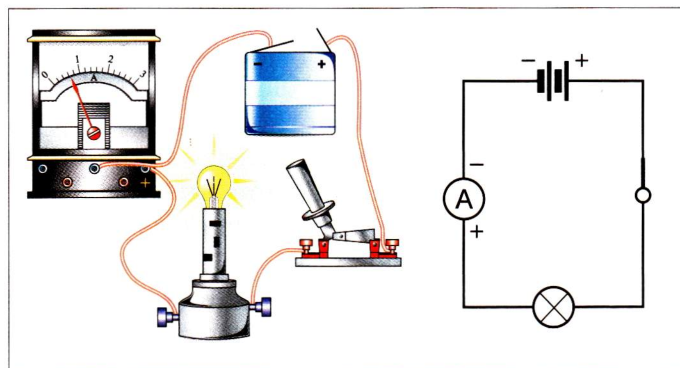
Pastaba. Nejunkite ampermetro prie srovės šaltinio gnybtų be kurio nors srovės imtuvo, nuosekliai sujungto su ampermetru, nes sugadinsite ampermetrą.

Priemonės: 1) kišeninio žibintuvėlio baterija; 2) ampermetras; 3) 3,5 V lemputė su stoveliu; 4) jungiklis; 5) jungiamieji laidai.

Darbo eiga

1. Sujunkite elektros grandinę pagal 5.5 paveiksle pavaizduotą prietaisų išdėstymo schemą. Užsirašykite ampermetro rodmenį.

5.5 pav.



2. Pakeiskite ampermetro vietą šioje grandinėje: vieną kartą įjunkite jį tarp srovės šaltinio ir jungiklio, kitą kartą — tarp jungiklio ir lemputės. Kaskart užsirašykite ampermetro rodmenį ir nubraižykite atitinkamos grandinės schemą.

3. Palyginkite visus tris užsirašytus ampermetro rodmenis, padarykite išvadą.

Užduotys

1. Kokia yra 5.3 paveiksle pavaizduotų ampermetrų skalės padalos vertė?

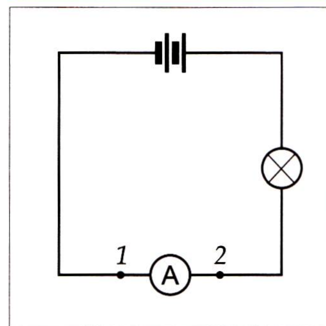
2. 5.6 paveiksle pavaizduotoje elektrinėje schemoje ampermetro gnybtai pažymėti skaičiais *1* ir 2. Nurodykite tų gnybtų ženklus (+ arba –).

3. Kokio stiprio srovė teka lemputėmis *A* ir *B* (5.7 pav.)? Kokio didumo elektros krūvis pratekės kiekviena lempute per 0,5 min? Nurodykite elektros srovės kryptį.

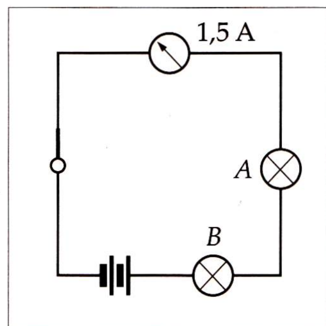
4. Sujungus grandinę pagal 5.8 paveiksle parodytą schemą ir įjungus jungiklį, ampermetras A_1 rodo 0,03 A. Ką tuo metu rodo ampermetras A_2?

5. Kokio stiprio srovė teka ampermetru, kurio skalės padalos vertė 0,2 A (5.9 pav.)? Ar pasikeis ampermetro rodmuo, jei lemputę ir ampermetrą sukeisime vietomis?

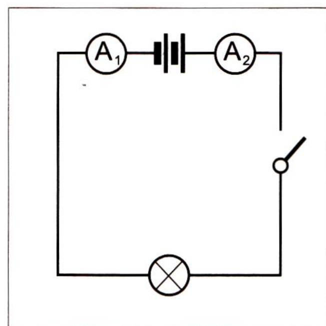
6. Vienas ampermetro gnybtas prijungtas prie grandinės taško *A* (5.10 pav.). Kur reikia įjungti jo gnybtą *B* ir lemputę, kad ampermetras nesugestų ir rodytų srovės stiprį grandinėje?



5.6 pav.

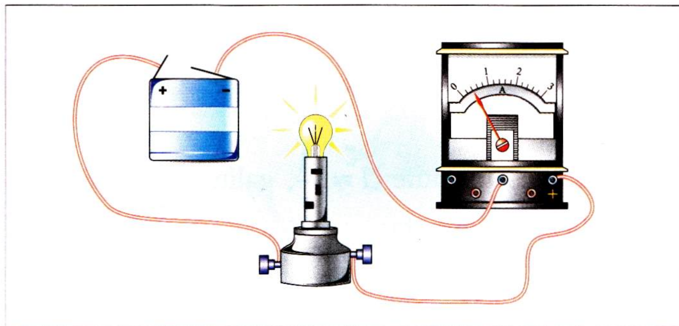


5.7 pav.

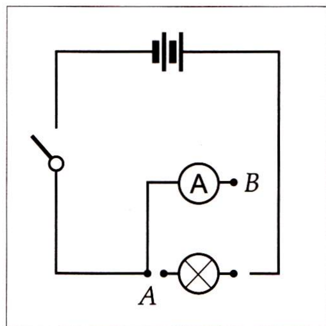


5.8 pav.

5.9 pav.



5.10 pav.



5.2. Elektrinė įtampa

Tai įdomu !

• *Kai kurios praktikoje taikomos įtampos*

Voltos elemento polių	1,1 V
Sausojo elemento polių	1,5 V
Kišeninio žibintuvėlio baterijos	4,5 V
Šarminio akumuliatoriaus	1,25 V
Rūgštinio akumuliatoriaus	2 V
Automobilio akumuliatoriaus	12 V
Telefono	60 V
Apšvietimo tinklo	220 V
Automobilio (važiuojančio) žvakės	15 000 V
Lietuvos elektros perdavimo linijų žiedo	110 kV
Pabaltijo elektros perdavimo linijos	330 kV
Žaibo	> 100 000 kV

• *Gyvybei pavojinga aukštesnė kaip 42 V įtampa.*

• *Drėgnose patalpose įtampa nepavojinga tik iki 12 V, sausose — iki 36 V.*

• *Elektros srovę galima palyginti su upių, kuriose yra krioklių, tekėjimu. Elektros krūvis čia atitiktų upės skerspjūviu pratekančio vandens masę, įtampa — vandens lygių krioklio viršuje ir apačioje skirtumą.*

Fizikinė įtampos prasmė

Ne kartą esame girdėję ir vartoję žodį „įtampa“: „lemputė blogai šviečia, matyt, per žema įtampa“. Perkame vienokiai ar kitokiai įtampai pritaikytas lemputes. Ir vis dėlto nepakankamai gerai suvokiame šio dažnai vartojamo termino reikšmę. Taigi kas yra įtampa?

Žodžio „įtampa“ prasmę puikiai paaiškina toks pavyzdys: norėdami iš lanko paleisti strėlę (suteikti jai energijos), turime įtempti lanką.

Kad grandine galėtų tekėti elektros srovė, tarp srovės šaltinio polių turi būti elektrinis laukas. O jį kiekybiškai apibūdina fizikinis dydis, vadinamas **elektrinė įtampa** ir žymimas raide U. Kaip žinome, elektrinis laukas susidaro srovės šaltinyje, perskyrus skirtingų ženklų krūvininkus. Tam panaudojama mechaninė, cheminė arba vidinė energija. Šaltinis dėl to įgyja energijos ir gali atlikti darbą. **Elektrinė įtampa apibūdina darbą, kurį atlieka (arba gali atlikti) vieno kulono elektros krūvis, tekėdamas grandine.**

Žinodami grandine pratekėjusį elektros krūvį q ir srovės atliktą darbą A, galime apskaičiuoti įtampą U:

$$U = \frac{A}{q}.$$

Taigi **įtampa lygi elektros srovės darbo ir grandine pratekėjusio elektros krūvio santykiui.**

Iš šios lygybės išeina, kad

$$A = Uq \quad \text{ir} \quad q = \frac{A}{U}.$$

Įtampos matavimo vienetai

Remdamiesi formule $U = \frac{A}{q}$, galime sužinoti įtampos matavimo vienetą:

$$[U] = \frac{[A]}{[q]} = \frac{1\ \text{J}}{1\ \text{C}} = 1\ \text{J/C}.$$

Pagerbiant italų mokslininką Alesandrą Voltą (*A. Volta*, 1745—1827), įtampos matavimo vienetas 1 J/C buvo pavadintas *vòltu*. Voltas sutrumpintai žymimas raide V. Taigi

$$[U] = 1 \text{ V}.$$

Iš lygybės $U = \frac{A}{q}$ matyti, kad voltas yra tokia elektrinė įtampa tarp laidininko galų, kai juo pratekėdamas 1 C krūvis atlieka 1 J darbą. Voltą būtų galima apibūdinti ir kitaip: 1 V įtampos šaltinis suteikia 1 C krūvį turinčiai dalelei 1 J energijos.

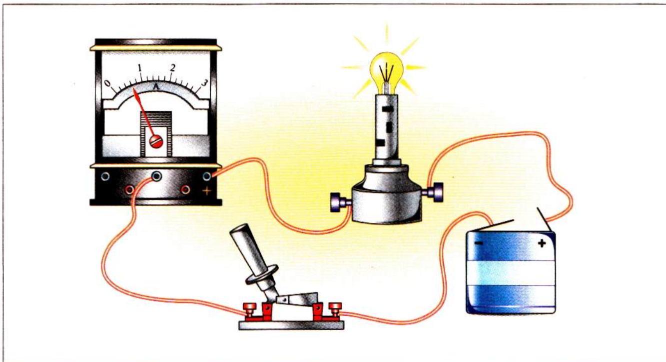
Vartojami daliniai ir kartotiniai volto vienetai: *milivòltas* (mV), *kilovòltas* (kV) ir kt.

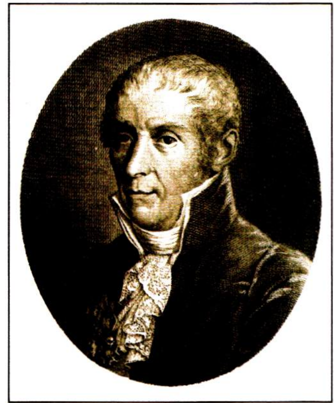
$$1 \text{ mV} = 0{,}001 \text{ V} = 10^{-3} \text{ V};$$
$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V} = 10^{3} \text{ V}.$$

Elektros srovės darbą išreiškianti formulė $A = Uq$ rodo, kad juo didesnis krūvis teka grandine, juo didesnis darbas atliekamas. Jei palygintume krūvius, įvairiose grandinėse pratekančius per vienetinį laiką, t. y. srovės stiprius, įsitikintume: juo stipresnė srovė teka grandine, juo didesnis jos poveikis. Iš šios formulės taip pat matyti, kad elektros srovės darbas priklauso ir nuo šaltinio įtampos — juo aukštesnė (didesnė) įtampa, juo didesnį darbą atlieka srovė.

1 bandymas. Sujunkime grandinę, susidedančią iš kišeninio žibintuvėlio baterijos, lemputės, ampermetro ir jungiklio (5.11 pav.). Lemputė ryškiai šviečia.

5.11 pav.





ALESANDRAS VOLTA (*A. Volta*, 1745—1827) — italų fizikas ir fiziologas, vienas iš elektros srovės teorijos kūrėjų, pirmasis išradęs galvaninį elementą.

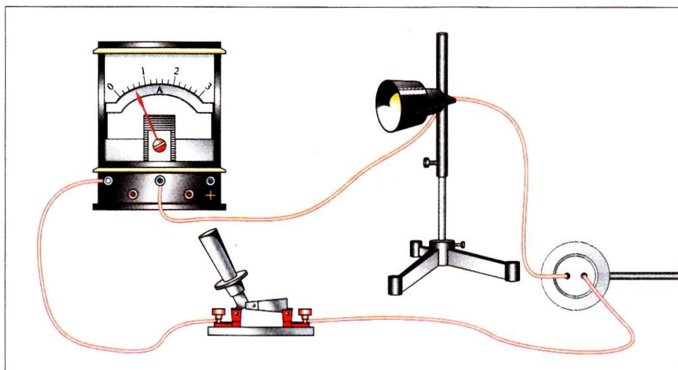
Tai įdomu ! !

• *Upės vandens darbas priklauso nuo krintančio vandens masės ir kritimo aukščio, t. y. nuo potencinės energijos* $E_p = mgh$. *Juo didesnis lygių skirtumas (h), juo didesnį darbą atlieka krisdamas vanduo.*

Elektros srovės darbas priklauso nuo elektros krūvio, pratekančio laidininko skerspjūviu, ir nuo įtampos laidininke. Juo didesnė įtampa tarp dviejų grandinės taškų, juo didesnį darbą atlieka srovė toje grandinės dalyje.

• *Ežeruose ir tvenkiniuose nėra vandens lygių skirtumo — vanduo niekur neteka.*

Elektros grandinėje nėra įtampos — elektros srovė neteka.



5.12 pav.

2 bandymas. Panašią grandinę sudarykime iš apšvietimo lempos, ampermetro, jungiklio ir šaltinio, kuris šiuo atveju bus apšvietimo tinklas (5.12 pav.). Į šią grandinę įjungta lempa skleidžia daugiau šviesos ir šilumos negu pirmame bandyme panaudota lemputė, nors abiem grandinėmis teka tokio pat stiprio srovė (tai rodo abu ampermetrai).

Darome išvadą, kad elektros srovės darbas, kai srovės stipris vienodas, priklauso nuo šaltinio įtampos.

Kai grandinėje įtampa aukšta, kiekvienas elektronas turi palyginti daug energijos darbui atlikti, o kai žema, gali atlikti nedaug darbo.

Tai įdomu !

Hidrodinaminė elektros grandinės analogija

Elektros srovės šaltinis	Vandens siurblys
Krūvininkai perskiriami	Vanduo siurblyje slegiamas
Du poliai, kuriuose skirtingas elektronų kiekis	Siurblio įėjimo ir išėjimo angos, kuriose vandens slėgis skirtingas
Iš šaltinio neigiamojo poliaus elektronai išeina	Iš siurblio išėjimo angos vanduo išteka
Į šaltinio teigiamąjį polių elektronai ateina	Į siurblio įėjimo angą vanduo siurbiamas (įteka)
Įtampa tarp polių	Slėgių skirtumas tarp siurblio angų
Įtampa — sąlyga elektros srovei tekėti	Slėgių skirtumas — sąlyga vandeniui tekėti

Užduotys

1. Vienus įtampos matavimo vienetus išreikškite kitais:

10 V = ... J/C; 50 mV = ... V;
5 kV = ... V; 5 V = ... mV;
300 V = ... kV; 200 mV = ... J/C.

2. Apskaičiuokite trūkstamus dydžius ir užpildykite lentelę:

Eil. nr.	Elektros krūvis, C	Suvartota energija, J	Įtampa, V
1	1	7	
2	0,25	0,5	
3		440	220
4	1		127

3. Kodėl ant elektros lempučių, laidynių ir kitų elektrinių prietaisų nurodoma įtampa?

4. Elektros lemputė numatyta 12 V įtampai. Kokį darbą atlieka srovė, kai tos lemputės siūlo skerspjūviu prateka 5 C krūvis?

5. Grandinės dalimi pratekėjus 10 C elektros krūviui, atliktas 45 J darbas. Kokia yra tos grandinės dalies įtampa?

6. Dviem atskirais laidininkais pratekėjus vienodam krūviui, viename buvo atliktas 20 J, kitame — 40 J darbas. Palyginkite laidininkų įtampą.

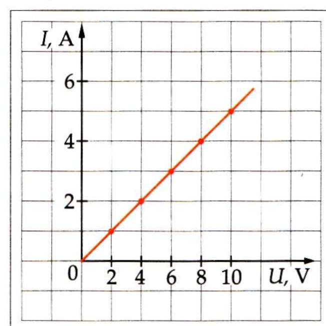
7. Dviejose grandinėse atliktas vienodas darbas. Viena iš jų pratekėjo 15 C elektros krūvis, kita — 45 C. Kurioje grandinėje įtampa buvo aukštesnė ir kiek kartų?

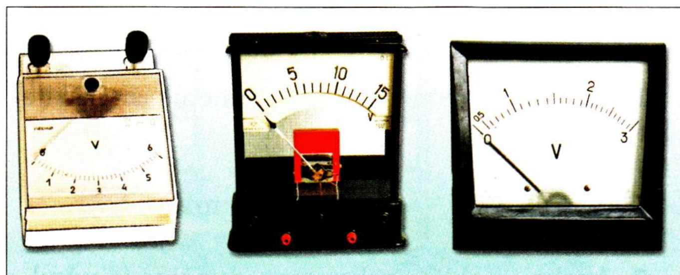
8. Kaitinamojo prietaiso gnybtus prijungus prie 220 V įtampos šaltinio, prietaiso spirale teka 10 A stiprio srovė. Kokio stiprio srovė tekės šio prietaiso spirale, jo gnybtų įtampą sumažinus perpus? sumažinus iki 55 V?

9. 5.13 paveiksle pateiktas srovės stiprio priklausomybės nuo įtampos grafikas. Kokio stiprio srovė teka laidininku, kai įtampa lygi 2 V; 4 V; 7 V; 10 V?

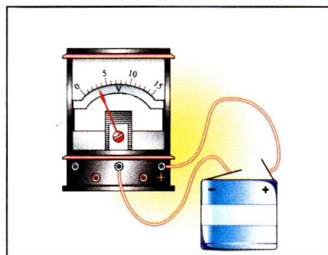
10. Kai neizoliuotu elektros perdavimo linijos laidu teka srovė, žmogui jį liesti pavojinga, o paukštis ramiausiai gali tupėti ant tokio laido. Kodėl?

5.13 pav.

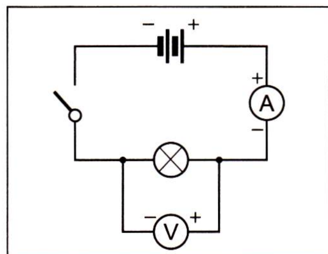




5.14 pav.

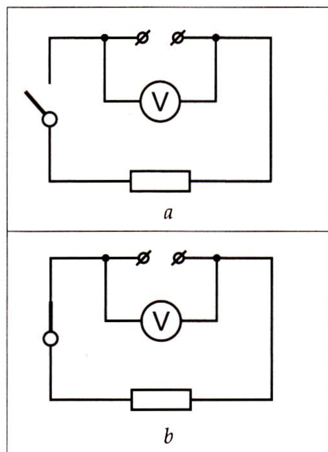


5.15 pav.



5.16 pav.

5.17 pav.



4-asis laboratorinis darbas. Elektrinės įtampos matavimas įvairiose grandinės dalyse

Voltmetras

Elektrinė įtampa grandinėje arba atskirose jos dalyse matuojama specialiais prietaisais, kurie vadinami **voltmètrais**. Jie gali būti įvairių konstrukcijų, bet visų skalėse parašyta raidė V. 5.14 paveiksle pavaizduota keletas voltmetrų: viduryje — demonstracinis, iš šonų — laboratoriniai. Elektrinėse schemose voltmetras žymimas simboliu —Ⓥ— (žr. lentelę p. 88). Kaip ir ampermetras, voltmetras jungiamas į grandinę dviem gnybtais, pažymėtais pliuso (+) ir minuso (–) ženklais.

Voltmetras jungiamas į grandinę lygiagrečiai — jo gnybtai prijungiami prie tų grandinės taškų, tarp kurių reikia išmatuoti įtampą. Voltmetro gnybtas, pažymėtas pliuso ženklu, jungiamas su laidu, einančiu iš teigiamojo šaltinio poliaus, minuso ženklą turintis gnybtas — su laidu, einančiu iš neigiamojo šaltinio poliaus.

Matuojant srovės šaltinio įtampą, voltmetras tiesiai prijungiamas prie šaltinio gnybtų (5.15 pav.). (Prisiminkite, kad šitaip negalima jungti ampermetro.) Voltmetro ir ampermetro jungimo į grandinę schema pateikta 5.16 paveiksle.

Kai grandinė atvira, prie šaltinio gnybtų prijungtas voltmetras išmatuoja įtampą tik tarp šaltinio polių (5.17 pav., *a*), kai uždara — išorinėje grandinėje (5.17 pav., *b*).

Priemonės: 1) kišeninio žibintuvėlio baterija; 2) laboratorinis voltmetras; 3) žemos įtampos lemputė su stoveliu; 4) dvi spiralės (laboratoriniams darbams); 5) jungiklis; 6) jungiamieji laidai.

Darbo eiga

1. Iš kišeninio žibintuvėlio baterijos, lemputės, spiralių, jungiklio ir jungiamųjų laidų sudarykite grandinę, pavaizduotą 5.18 paveiksle, *a*.

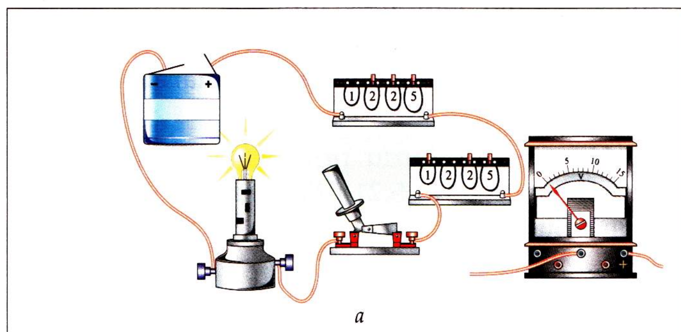
2. Prijungdami voltmetrą taip, kaip parodyta 5.18 paveiksle, *b, c, d,* išmatuokite pirmos ir antros spiralės galų įtampą U_1 ir U_2, taip pat bendrą abiejų spiralių (t. y. grandinės dalies) įtampą U.

3. Apskaičiuokite įtampų sumą $U_1 + U_2$, palyginkite ją su grandinės dalies įtampa U ir padarykite išvadą.

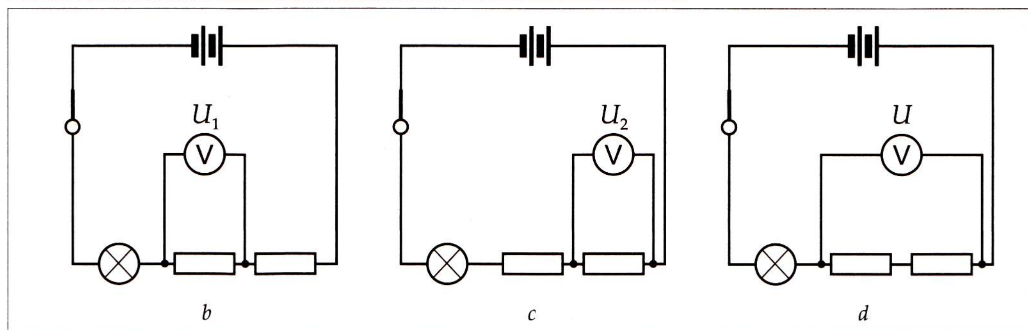
4. Išmatuokite šaltinio gnybtų ir įjungto bei išjungto jungiklio įtampą.

Pastaba. Voltmetru patogu matuoti grandinės dalių įtampą, neišardant grandinės. Dėl to pakanka prie voltmetro gnybtų prijungti po laidą ir kitais jų galais paliesti tuos grandinės taškus, tarp kurių norima išmatuoti įtampą.

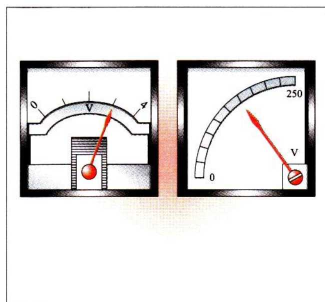
5.18 pav.



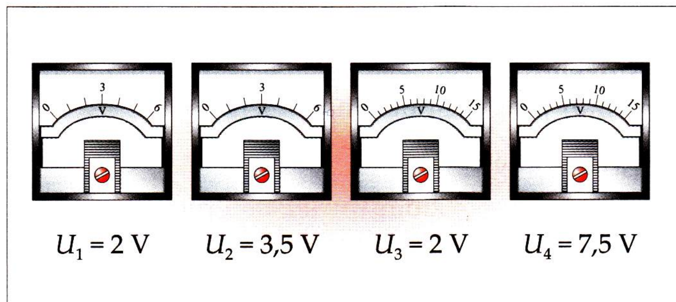
a



b *c* *d*



5.19 pav.



5.20 pav.

Užduotys

1. 5.19 paveiksle pavaizduotos voltmetrų skalės, kurių matavimo ribos yra nuo 0 iki 4 V ir nuo 0 iki 250 V. Kokia kiekvieno prietaiso skalės padalos vertė? Kokią įtampą rodo voltmetrai?

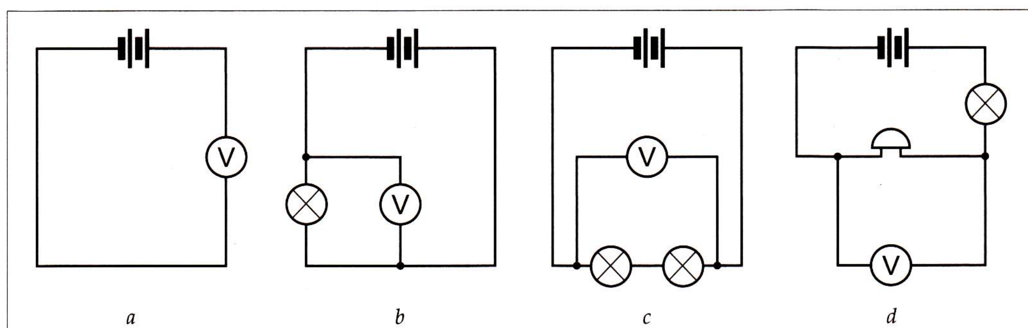
2. Nubrėžkite voltmetrų, rodančių įvairias įtampas (5.20 pav.), rodykles.

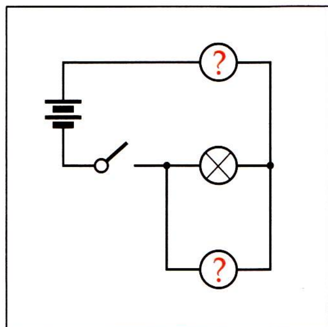
3. Atliekant laboratorinius darbus, geriausia iš pradžių sujungti grandinę, įsitikinti, kad yra srovė, ir tik tada lygiagrečiai jungti voltmetrą.

Nubraižykite elektros grandinės, sudarytos iš srovės šaltinio, lemputės, jungiklio, ampermetro, voltmetro ir jungiamųjų laidų, dvi schemas. Pirmoje pavaizduokite sujungtus prietaisus be voltmetro, antroje — su voltmetru.

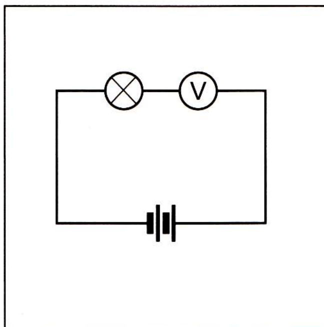
4. Nurodykite, kurių prietaisų gnybtų įtampą matuoja voltmetras 5.21 paveiksle pateiktų grandinių schemose.

5.21 pav.





5.22 pav.



5.23 pav.

5. Kuris iš 5.22 paveiksle pavaizduotų matavimo prietaisų (jie pažymėti skrituliukais) yra voltmetras, kuris — ampermetras?

6. Sujungus grandinę pagal 5.23 paveiksle pateiktą schemą, lemputė nedega. Kodėl?

7. Kambaryje perdegė elektros lemputė. Ar, norint ją pakeisti, būtina išjungti grandinę?

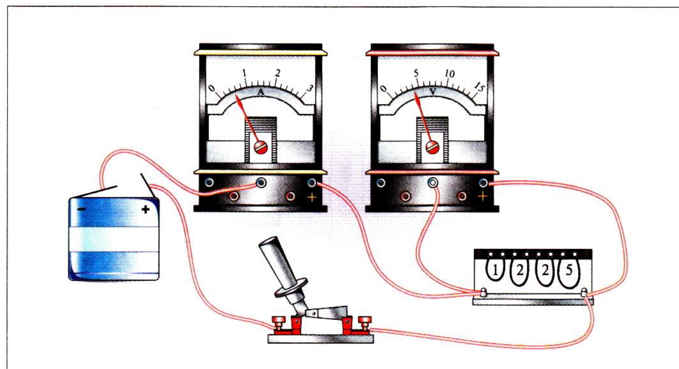
8. Voltmetru, rodančiu 12 V, pratekėjo 0,02 C krūvis. Apskaičiuokite elektros srovės atliktą darbą.

5.3. Laidininko elektrinė varža

Elektrinės varžos sąvoka

Išmokome matuoti įtampą ir srovės stiprį elektros grandinėse. Dabar galime išsiaiškinti, kaip susiję šie du fizikiniai dydžiai. Kodėl įvairiais laidininkais, nekeičiant įtampos (srovės šaltinio), teka nevienodo stiprio srovė? Nuo ko ji priklauso? Norėdami atsakyti į šiuos klausimus, atlikime bandymą.

Bandymas. Sujunkime grandinę iš srovės šaltinio (kišeninio žibintuvėlio baterijos), spiralės, ampermetro, voltmetro ir jungiklio (5.24 pav.). Išmatuokime srovės stiprį grandinėje ir spiralės gnybtų įtampą. Prie kišeninio žibintuvėlio baterijos prijunkime

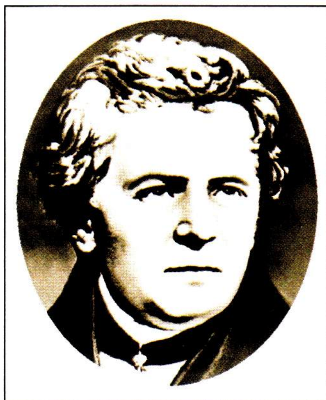


5.24 pav.

antrą tokią pat bateriją, paskui ir trečią. Vėl išmatuokime tuos pačius fizikinius dydžius. Kiekvieną kartą išmatuotą įtampą padalykime iš atitinkamo srovės stiprio.

Matavimo ir skaičiavimo rezultatus surašykime lentelėje:

Eil. nr.	Įtampa U	Srovės stipris I	$\frac{U}{I}$
1	4,5 V	0,45 A	10
2	9 V	0,9 A	10
3	13,5 V	1,35 A	10



GEORGAS SIMONAS OMAS (*G. S. Ohm*, 1787—1854) — vokiečių fizikas. Mokytojaudamas Kelno gimnazijoje, jis net 10 metų kruopščiai eksperimentavo, kol nustatė dėsnį, vadinamą Omo dėsniu. Bandymus atliko sunkiomis sąlygomis, pats kūrė srovės šaltinius ir matavimo prietaisus. Vėliau šį dėsnį jis suformulavo teoriškai.

Matome, kad įtampos ir laidininku tekančios srovės stiprio santykis apytiksliai yra toks pat. Atlikę bandymus, įsitikintume: kiek kartų padidėja laidininko įtampa, tiek kartų sustiprėja juo tekanti srovė. Šis santykis apibūdina laidininką ir yra vadinamas jo **elektrinė varža**. Elektrinė varža žymima raide R (iš angl. *resistor*, o šis iš lot. *resisto* — priešinuosi).

Taigi

$$R = \frac{U}{I}.$$

Elektrinės varžos matavimo vienetai

Pagal formulę $R = \frac{U}{I}$ galima apibrėžti elektrinės varžos matavimo vienetą. Jis vadinamas *omù*, pagerbiant vokiečių fiziką Georgą Simoną Omą

(*G. S. Ohm*, 1787—1854), ir žymimas graikiška raide Ω (tariama „omega“):

$$[\boldsymbol{R}] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{1\ \mathrm{V}}{1\ \mathrm{A}} = \mathbf{1}\ \boldsymbol{\Omega}.$$

1 Ω lygus varžai tokio laidininko, kuriuo teka 1 A stiprio srovė, kai įtampa tarp laidininko galų lygi 1 V.

Vartojami ir daliniai bei kartotiniai elektrinės varžos vienetai, pavyzdžiui, *miliòmas* (mΩ), *kiloòmas* (kΩ), *megaòmas* (MΩ):

$$1\ \mathrm{m\Omega} = 0{,}001\ \Omega = 10^{-3}\ \Omega;$$

$$1\ \mathrm{k\Omega} = 1000\ \Omega = 10^{3}\ \Omega;$$

$$1\ \mathrm{M\Omega} = 1\,000\,000\ \Omega = 10^{6}\ \Omega.$$

Kodėl laidininkai turi varžą

Metaliniuose laidininkuose ji atsiranda dėl to, kad elektronai, kai laidininko galuose yra įtampa, kryptingai judėdami nuolat susiduria su svyruojančiais apie pusiausvyros padėtį metalo jonais. Todėl sumažėja jų kryptingo judėjimo greitis ir per sekundę laidininko skerspjūviu prateka mažesnis krūvis, taigi sumažėja srovės stipris. Kiekvienas laidininkas tarsi priešinasi elektros srovei. Juo labiau trukdomas elektronų judėjimas, juo didesnė laidininko elektrinė varža.

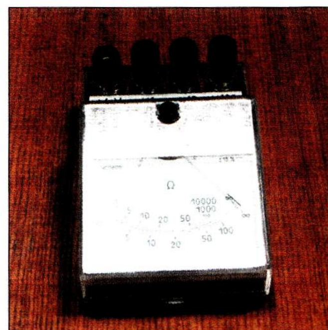
Jei pradėjusių kryptingai judėti elektronų niekas netrikdytų, iš inercijos jie judėtų labai ilgai.

Elektros grandinėse jų varžai padidinti taip pat naudojami specialūs prietaisai. Jie vadinami **var̃žais**, arba **rezìstoriais**, ir elektrinėse schemose žymimi simboliu –▭– (žr. lentelę p. 88).

Laidininko varžos matavimas

Laidininko varžą galima apskaičiuoti pagal formulę $R = \frac{U}{I}$, išmatavus įtampą tarp laidininko galų ir srovės stiprį. Bet prieš tai reikia sudaryti elektros grandinę, turėti ampermetrą ir voltmetrą. Tai nėra labai patogu. Daug paprasčiau varžą matuoti specialiu prietaisu — **ommetrù** (5.25 pav.), kuris iš karto parodo laidininko varžą.

5.25 pav.



Užduotys ??

1. Užpildykite varžos vienetų sąryšio lentelę:

5 Ω = ... $\frac{V}{A}$	0,003 MΩ = ... Ω
1,5 MΩ = ... kΩ	0,15 kΩ = ... Ω
300 Ω = ... kΩ	15 kΩ = ... MΩ

2. Degančia 6 V automobilio lempute teka 5 A stiprio srovė. Kokio didumo yra lemputės siūlo varža?

3. Elektrinio arbatinio, įjungto į 220 V įtampos tinklą, spirale teka 4 A stiprio srovė. Apskaičiuokite spiralės varžą.

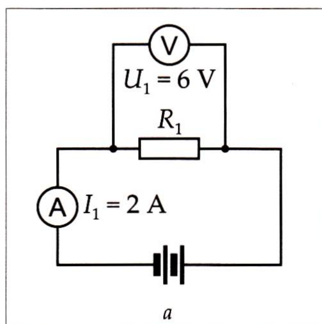
4. Dirbtuvė gavo užsakymą pagaminti elektrinės įtampos matavimo iki 0,1 V prietaisą. Kai juo teka 1 mA stiprio srovė, rodyklė gali nukrypti per visą skalę. Kokia turi būti prietaiso varža?

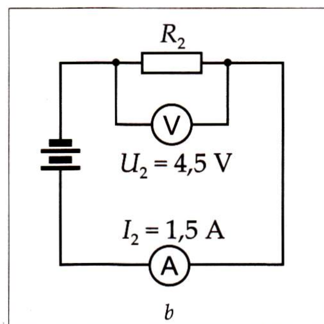
5. Apskaičiuokite varžas R_1 ir R_2 (5.26 pav.).

6. Apskaičiuokite trūkstamus dydžius:

Eil. nr.	Įtampa U, V	Srovės stipris I, A	Varža $R = \frac{U}{I}$, Ω
1	10	0,1	100
2	5		50
3		0,2	1100
4		0,2	
5	12		

5.26 pav.





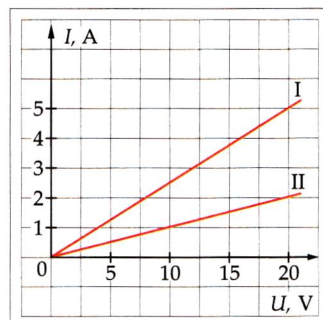
7. Remdamiesi 5.13 paveiksle pavaizduotu grafiku, apskaičiuokite laidininko varžą.

8. 5.27 paveiksle pavaizduoti du grafikai, kurie rodo, kaip laidininkais tekančios srovės stipris priklauso nuo įtampos. Kuris grafikas atitinka didesnės varžos laidininką?

9. Tirdamas laidininku tekančios srovės stiprį ir įtampą tarp laidininko galų, Karolis gavo tokius rezultatus:

Bandymo nr.	Įtampa *U*, V	Srovės stipris *I*, A
1	6	2
2	9	3
3	12	4

Nubraižykite srovės stiprio priklausomybės nuo įtampos grafiką.



5.27 pav.

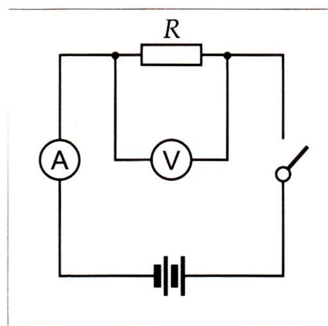
5.4. Laidininko varžos apskaičiavimas

Vielų naudojimas

Elektros grandinėse dažnai tenka naudoti vielas. Laboratorijose prietaisai vieni su kitais jungiami laidais, elektros energija vartotojams tiekiama orinėmis ir kabelinėmis (ol. *kabel* — lynas) linijomis, telefono stotys ir aparatai sujungti telefono ryšio linijomis ir t. t. Parenkant laidininkus (vielas), atsižvelgiama į keletą jų savybių (patvarumą, ekonomiškumą), bet pirmiausia — į varžą. Taigi nuo ko priklauso laidininko varža?

Nuo ko priklauso laidininko varža

Norėdami ištirti, nuo ko priklauso laidininko elektrinė varža, atlikime keletą bandymų, į grandinę jungdami įvairaus ilgio, skerspjūvio ir skirtingų medžiagų vielas, įtvirtintas stovelyje.



5.28 pav.

1 bandymas. Pagal 5.28 paveiksle pavaizduotą elektrinę schemą sujunkime grandinę iš srovės šaltinio, ampermetro, voltmetro, jungiklio ir vienos iš stovelyje įtaisytų vielų (schemoje ji pažymėta raide R). Ampermetru išmatavę srovės stiprį grandinėje, o voltmetru — įtampą tarp vielos galų, apskaičiuokime vielos varžą R. Paskui šią vielą pakeiskime kita tokios pat medžiagos ir skerspjūvio, tik perpus trumpesne viela ir vėl pagal ampermetro bei voltmetro rodmenis apskaičiuokime jos varžą. Matome, kad ilgesnės vielos varža yra dvigubai didesnė.

Todėl galime tvirtinti, jog *vielos varža yra tiesiogiai proporcinga jos ilgiui:*

$$R \sim l.$$

2 bandymas. Pakartokime pirmąjį bandymą, jungdami paeiliui vienodo ilgio, bet skirtingo storio (skirtingo skerspjūvio) vielas. Vėl apskaičiuokime jų varžą. Įsitikinsime, kad juo storesnė viela, juo mažesnė jos varža.

Taigi *vielos varža yra atvirkščiai proporcinga jos storiui (skerspjūvio plotui):*

$$R \sim \frac{1}{S}.$$

3 bandymas. Vėl pakartokime pirmąjį bandymą, jungdami paeiliui dviejų skirtingų medžiagų, pavyzdžiui, nikelio ir nichromo, bet vienodų matmenų (ilgio ir storio) vielas. Apskaičiuokime jų varžą. Ji skirtinga, t. y. *priklauso nuo medžiagos, iš kurios pagaminta viela.*

Apibendrinę bandymų rezultatus, galime padaryti išvadą: **laidininko elektrinė varža yra tiesiogiai proporcinga laidininko ilgiui, atvirkščiai proporcinga jo skerspjūvio plotui ir priklauso nuo laidininko medžiagos.**

Savitoji medžiagos varža

Įvairių medžiagų varžoms palyginti paprastai imamos 1 m ilgio ir 1 mm^2 skerspjūvio ploto vielos. Jų varža vadinama **savitąja elektrinė mēdžiagos varžà**.

Savitąją elektrinę medžiagos varžą pažymėję graikiška raide ρ (tariame „ro")[1], laidininko ilgį — *l*, skerspjūvio plotą — *S*, laidininko elektrinę varžą galime išreikšti formule

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Iš jos matyti, kad savitoji varža

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}.$$

Remiantis šia lygybe, nesunku sužinoti savitosios varžos matavimo vienetą:

$$[\rho] = \frac{1\,\Omega \cdot 1\,\text{m}^2}{1\,\text{m}} = \mathbf{1\,\Omega \cdot m}.$$

Tai kubo, kurio briaunos ilgis lygus 1 m, varža.

Praktikoje įvairių laidininkų (ypač vielų) skerspjūvio plotą patogiau reikšti kvadratiniais milimetrais, nes jis paprastai būna nedidelis, o ilgį — metrais. Todėl dažniau vartojamas toks savitosios varžos matavimo vienetas:

$$[\rho] = 1\,\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}.$$

Kai kurių medžiagų savitoji varža
(esant 20 °C temperatūrai)

Medžiaga	Savitoji varža, $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$	Medžiaga	Savitoji varža, $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Sidabras	0,016	Švinas	0,21
Varis	0,017	Nikelinas	0,40
Auksas	0,024	Konstantanas	0,50
Aliuminis	0,028	Gyvsidabris	0,96
Volframas	0,055	Nichromas	1,1
Žalvaris	0,063	Grafitas	13
Nikelis	0,073	Porcelianas	10^{19}
Geležis	0,10	Ebonitas	10^{20}

[1] Prisiminkime, kad tokia pačia raide esame pažymėję medžiagos tankį $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$. Tai skirtingi fizikiniai dydžiai, todėl jų nepainiokime spręsdami uždavinius.

Iš lentelės matyti, kad mažiausią savitąją varžą turi sidabras ir varis, o didžiausią — ebonitas bei porcelianas. Todėl sidabras ir varis yra geriausi laidininkai, o ebonitas ir porcelianas, beveik nepraleidžiantys elektros srovės, dažnai naudojami kaip izoliatoriai.

Užduotys

1. Laidas perpjautas pusiau ir iš abiejų dalių susuktas vienas laidas. Kaip pakito jo varža?

2. Viela sukarpyta į 5 lygias dalis ir gauti gabalai surišti į ryšelį. Jo varža 1 Ω. Kokia buvo nesukarpytos vielos varža?

3. Specialiomis staklėmis viela taip ištempiama, kad pasidaro dvigubai ilgesnė ir plonesnė. Kaip dėl to pakinta vielos varža?

4. Kiek kartų 1 m ilgio geležinės vielos varža didesnė už 1 m tokio pat skerspjūvio aliumininės vielos varžą?

5. Yra du vienodo ilgio ir tokios pat medžiagos laidai. Vieno laido skerspjūvio plotas 0,2 cm^2, kito — 5 mm^2. Kurio laido varža didesnė ir kiek kartų?

6. Kokia yra 2 m ilgio ir 0,5 mm^2 skerspjūvio ploto nikelininio laido varža?

7. Rite, susukta iš 0,75 mm^2 skerspjūvio ploto nichrominės vielos, teka 20 mA stiprio srovė. Įtampa tarp ritės galų 4,4 V. Koks yra vielos ilgis?

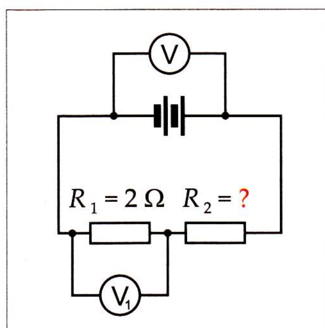
8. 45 m ilgio varinės vielos varža lygi 1 Ω. Koks yra šios vielos skerspjūvio plotas?

9. Laidininko varža 10 Ω, ilgis 100 m, skerspjūvio plotas 1,0 mm^2. Iš kokios medžiagos pagamintas laidininkas?

10. 1 m ilgio ir 0,25 mm^2 skerspjūvio ploto vielos varža yra 2 Ω. Iš kokios medžiagos pagaminta viela?

11. Pagal 5.29 paveiksle pavaizduotą schemą sujungtoje grandinėje voltmetras V rodo 4 V, o voltmetras V_1 — 1 V. Kokio didumo yra varža R_2?

5.29 pav.

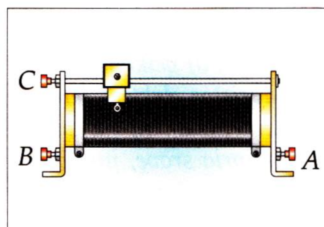


5.5. Reostatai

Reostatų paskirtis

Elektros grandinėse dažnai tenka reguliuoti įtampą arba srovės stiprį. Tam naudojami specialūs keičiamos varžos prietaisai, vadinami **reostãtais** (gr. *rheos* — srovė + *statos* — stovintis). Jų yra įvairios paskirties ir konstrukcijos. Pagal laidininkus reostatus galima suskirstyti į metalinius, skystinius ir anglinius. Detaliai išnagrinėsime tik paprasčiausią metalinį reostatą, vadinamą šliaužikliniu reostatu.

Šliaužiklinis reostatas



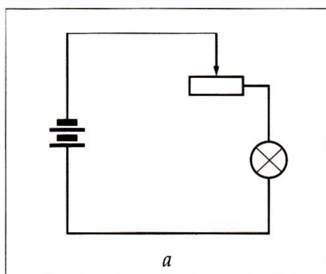
5.30 pav.

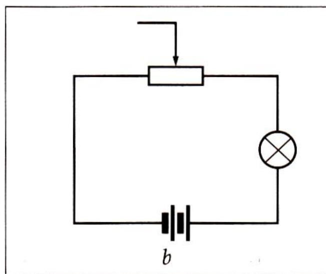
Metalinis reostatas su šliaužikliu vadinamas **šliaužìkliniu reostatù** (5.30 pav.). Tai izoliacinės medžiagos ritinys, apvyniotas didelės savitosios varžos nikelinine viela, kurią dengia plonas nuodegų sluoksnis, todėl vijos izoliuotos viena nuo kitos. Virš ritinio įtaisytas stiebas su šliaužikliu, kuris liečia vielos vijas. Dėl trinties nuodegos po šliaužiklio kontaktais nusitrìna ir elektros srovė nuo gnybto *C* per stiebą, šliaužiklį ir dalį vijų patenka į gnybtą *A*. Stumdydami šliaužiklį, į grandinę įjungiame didesnę ar mažesnę šios reostato vielos dalį ir taip padidiname arba sumažiname grandinės varžą.

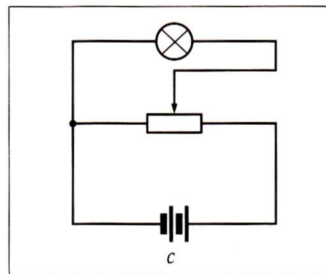
Jei šliaužiklinį reostatą įjungsime gnybtais *A* ir *B*, įsijungs visa viela ir tada grandinės varžos reguliuoti negalėsime.

Ant kiekvieno šliaužiklinio reostato nurodyta didžiausia jo varža ir leidžiamoji srovė, kurios negalima viršyti, nes perdegs reostato viela. Šie duomenys padeda parinkti ir įtampą.

Elektrinėse schemose šliaužiklinis reostatas žymimas simboliu ⊐̄⊏ (žr. lentelę p. 88).







5.31 pav.

Tai įdomu !

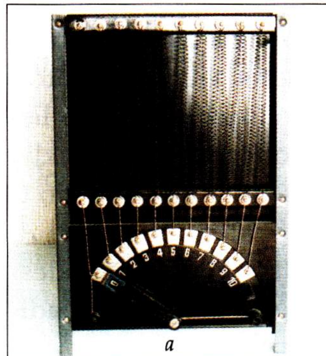
- *5.32 paveiksle, a — reostatas, kurio varžą galima keisti ne tolydžiai, bet šuoliais.*
- *Lėmpinio reostãto (5.32 pav., b) veikimo principas pagrįstas elektros lempučių, praleidžiančių tik tam tikro stiprio srovę, jungimu į atitinkamos įtampos grandinę. Keičiant lempučių skaičių grandinėje, galima reguliuoti jos varžą.*
- *Skỹstinį reostãtą (5.32 pav., c) sudaro indas su elektrolitu, į kurį įleisti du elektrodai. Varža keičiama keičiant atstumą tarp elektrodų arba jų panardinimo gylį.*
- *Angliñis reostãtas sudarytas iš anglies diskų stulpelio, kurio varža keičiama keičiant stulpelio suspaudimą.*
- *5.32 paveiksle, d, parodytas kištukìnis varžýnas, kurio rezistoriai įjungiami į grandinę ištraukiant kištukus, o išjungiami vėl įstatant juos į lizdus.*

Šliaužiklinio reostato jungimas

Šliaužiklinį reostatą galima jungti į elektros grandinę trejopai. Tai priklauso nuo reostato paskirties. Jo jungimo grandinėse būdai parodyti 5.31 paveiksle.

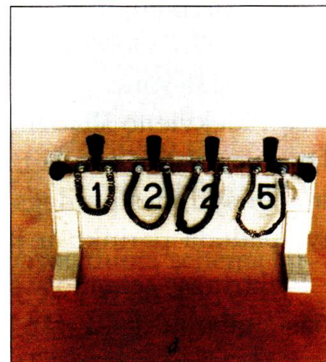
Jungiant šliaužiklinį reostatą taip, kaip pavaizduota 5.31 paveiksle, *a*, galima reguliuoti srovės stiprį grandinėje. Įjungus reostatą pagal 5.31 paveikslo, *b*, schemą, tik padidinama grandinės varža, o jungiant taip, kaip parodyta 5.31 paveiksle, *c*, tolydžiai reguliuojama įtampa.

5.32 pav.









Užduotys

1. Kodėl reostatams naudojama nikelininė arba manganinė viela, turinti didelę savitąją varžą?

2. Ant šliaužiklinio reostato yra užrašas: 200 Ω, 1 A. Ką jis reiškia?

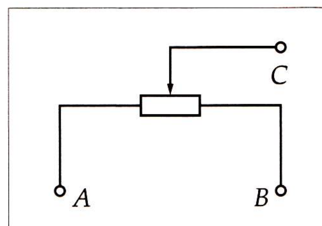
3. 100 m ilgio nikelininės vielos skerspjūvio plotas 0,4 mm^2. Kokios varžos reostatą galima iš jos pagaminti?

4. Kokia yra 4 km ilgio ir 17 Ω varžos varinės vielos masė?

5. Kokiam didžiausiam srovės stipriui ir įtampai numatyti šliaužikliniai reostatai, kuriuos apibūdinantys duomenys pateikti antroje lentelės skiltyje:

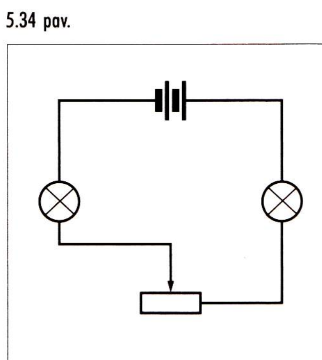
Eil. nr.	Šliaužiklinis reostatas	Didžiausias srovės stipris	Didžiausia įtampa
1	500 Ω, 0,6 A		
2	1000 Ω, 0,4 A		
3	5000 Ω, 0,2 A		
4	100 Ω, 2 A		
5	200 Ω, 1 A		
6	10 000 Ω, 0,1 A		

6. Kuri reostato varžos dalis (apytiksliai) įjungta į grandinę, kai reostatas prijungtas gnybtais *A* ir *C*? *A* ir *B* (5.33 pav.)?



5.33 pav.

7. Kaip švies lemputės (5.34 pav.), reostato šliaužiklį pastūmus į dešinę? į kairę?

5.34 pav.


8. Trijų vienodo ilgio aliumininių laidininkų skerspjūviai yra skirtingi: pirmojo — kvadratas, kurio kraštinė 1 cm, antrojo — skritulys, kurio skersmuo 1 cm, trečiojo — stačiakampis, kurio matmenys 1 cm × 0,5 cm. Kurio laidininko varža yra didžiausia?

9. Šliaužiklinio reostato konstantaninės vielos ilgis 60 m, skerspjūvio plotas 0,15 mm^2, vijų skaičius 250. Apskaičiuokite reostato varžą. Raskite šimto vielos vijų varžą.

10. 3 km ilgio 34 mm^2 skerspjūvio ploto varinę vielą reikia pakeisti tokio pat ilgio ir tokios pat varžos plienine viela. Koks turi būti plieninės vielos skerspjūvio plotas?

5.6. Omo dėsnis grandinės daliai

Susipažinome su fizikiniais dydžiais, apibūdinančiais grandinę, kuria teka elektros srovė: srovės stipriu I, įtampa U, varža R. Išmokome juos matuoti ir apskaičiuoti. Dabar išnagrinėkime, kaip srovės stipris priklauso nuo grandinės dalies įtampos ir tos dalies varžos.

Aiškinantis minėtų trijų dydžių tarpusavio priklausomybę, svarbu, kad vienas dydis būtų pastovus. Tada galima nustatyti kitų dviejų dydžių tarpusavio sąryšį.

Tai įdomu !

- *Bandymams tinkamiausia konstantaninė viela, kurios savitoji varža beveik nepriklauso nuo temperatūros (nors bendruoju atveju savitoji varža priklauso dar ir nuo temperatūros). Konstantanas naudojamas reostatams gaminti. Svarbiausią šio lydinio savybę atspindi ir jo pavadinimas (lot.* constans *— pastovus).*
- *5.35 paveiksle parodytas šliaužiklinio reostato jungimas vadinamas potenciometriniu — nekeičiant šaltinio, galima gauti įvairias įtampas. Potenciometru reguliuojamas radijo imtuvo arba televizoriaus garsas.*

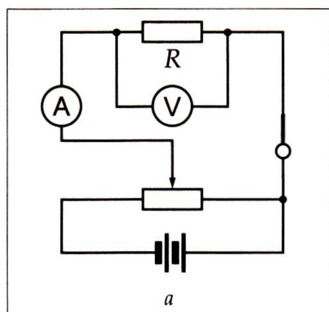
Kaip priklauso srovės stipris nuo įtampos

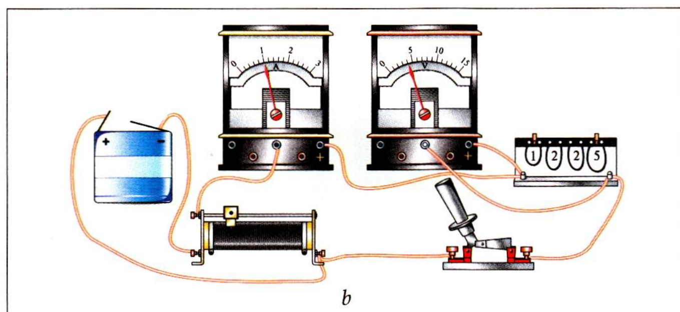
Tiriant srovės stiprio priklausomybę nuo įtampos, pastovus dydis yra laidininko varža R.

1 bandymas. Sujunkime prietaisus taip, kaip parodyta 5.35 paveiksle, *b*. (5.35 paveiksle, *a* — šio jungimo schema.) Reostatu keiskime įtampą U tarp laidininko galų ir kaskart užrašykime voltmetro bei ampermetro rodmenis. Atlikus vieną tokį bandymą, gauti šie duomenys:

Eil. nr.	U, V	I, A	R, Ω
1	2	0,5	4
2	4	1	4
3	6	1,5	4
4	8	2	4

5.35 pav.

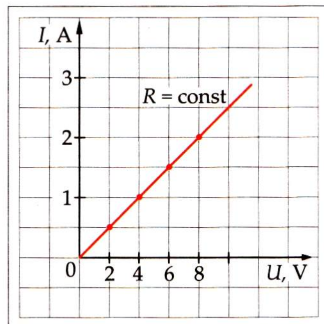




Padidėjus įtampai, srovės stipris tiek pat kartų padidėja (kai varža pastovi). Taigi **srovės stipris laidininke yra tiesiogiai proporcingas įtampai tarp to laidininko galų:**

$$I \sim U.$$

Šią dydžių priklausomybę pavaizduokime grafiškai (žr. 5.36 pav.).



5.36 pav.

Kaip priklauso srovės stipris nuo varžos

Nagrinėjant srovės stiprio priklausomybę nuo laidininko elektrinės varžos, pastovus dydis yra įtampa U tarp laidininko galų.

2 bandymas. Pakartokime pirmąjį bandymą, keisdami grandinės dalies varžą R ir palaikydami pastovią įtampą U. Matavimo rezultatus surašykime lentelėje (pateikiame vieno atlikto bandymo duomenis):

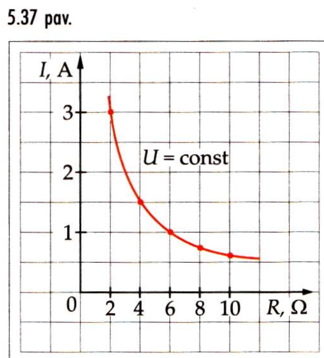
Eil. nr.	U, V	I, A	R, Ω
1	6	3	2
2	6	1,5	4
3	6	1	6
4	6	0,75	8
5	6	0,6	10

Kai įtampa pastovi, srovės stipris sumažėja tiek pat kartų, kiek padidėja grandinės varža, taigi **srovės stipris laidininke yra atvirkščiai proporcingas laidininko varžai:**

$$I \sim \frac{1}{R}.$$

Šios priklausomybės grafiką matote 5.37 paveiksle.

5.37 pav.



Omo dėsnis grandinės daliai

Išanalizavę abiejų bandymų duomenis, matome, kad srovės stiprį galima apskaičiuoti, įtampą dalijant iš varžos:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Gautoji lygybė vadinama **Òmo désniu grandìnės dãliai**. Jis formuluojamas taip:

srovės stipris grandinės dalyje yra tiesiogiai proporcingas tos dalies įtampai ir atvirkščiai proporcingas jos varžai.

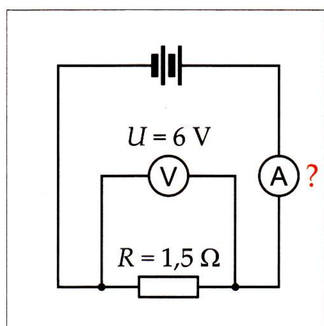
1826 metais jį atrado vokiečių fizikas G. S. Omas.

Žinodami srovės stiprį ir varžą, galime apskaičiuoti grandinės dalies įtampą:

$$U = IR.$$

Žinodami įtampą ir srovės stiprį, galime apskaičiuoti grandinės dalies varžą:

$$R = \frac{U}{I}.$$



5.38 pav.

Užduotys

1. Iš Omo dėsnio išplaukia, kad $R = \frac{U}{I}$. Kodėl negalima tvirtinti, kad laidininko varža tiesiogiai proporcinga laidininko galų įtampai ir atvirkščiai proporcinga juo tekančios srovės stipriui?

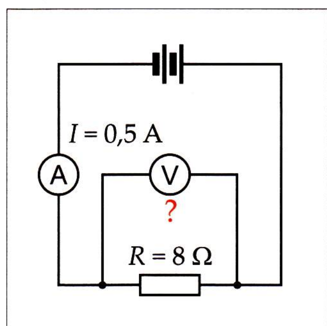
2. Kokį srovės stiprį ampermetras rodo grandinėje, sujungtoje pagal 5.38 paveikslo schemą?

3. Kokią įtampą rodo voltmetras grandinėje, kurios schema pavaizduota 5.39 paveiksle?

4. Remdamiesi Omo dėsniu grandinės daliai, apskaičiuokite trūkstamus dydžius:

Eil. nr.	Įtampa *U*	Varža *R*	Srovės stipris *I*
1	6 V	2 Ω	
2	12 V		4 A
3		55 Ω	4 A
4	5 kV	2000 Ω	
5		3 kΩ	5 A
6	36 V		2 A

5.39 pav.



5. Remdamiesi Omo dėsniu grandinės daliai, apskaičiuokite trūkstamus dydžius:

Eil. nr.	Įtampa *U*	Srovės stipris *I*	Varža *R*
1	12 V	2 A	
2	220 V	0,2 A	
3		500 mA	200 Ω
4	4 kV		8 kΩ

6. Grandine tekančios srovės stiprį reikia padidinti 3 kartus. Kaip tai galima padaryti?

7. Rezistoriumi, kurio galų įtampa lygi 120 V, teka 6 A srovė. Koks bus srovės stipris šiame rezistoriuje, jeigu jo galų įtampą sumažinsime 20 V?

8. Laidininku, kurio varža 10 Ω, per 3 min pratekėjo 90 C elektros krūvis. Kokia įtampa buvo tarp šio laidininko galų?

9. 30 m ilgio geležinės vielos skerspjūvio plotas 1,5 mm^2. Kokia turi būti įtampa tarp vielos galų, kad ja galėtų tekėti 10 A srovė?

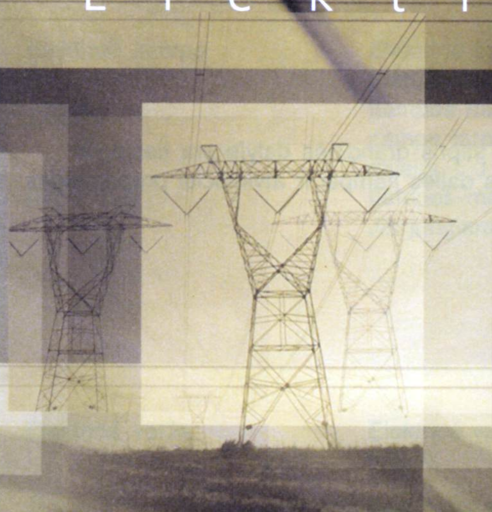
10. Vielos ilgis lygus 0,42 m, o skerspjūvio plotas — 0,35 mm^2. Kai įtampa tarp šios vielos galų lygi 0,6 V, viela teka 500 mA stiprio srovė. Kokia yra medžiagos, iš kurios pagaminta viela, savitoji varža?

Skyriaus „Elektros srovės stipris, įtampa, varža“ santrauka

Elektros srovės stipris $I = \frac{q}{t}$ $[I]$ = 1 A	Elektros srovės stipris rodo, kokio didumo elektros krūvis prateka laidininko skerspjūviu per 1 s. Elektros srovės stipris lygus elektros krūvio q ir laiko t, per kurį tas krūvis prateka laidininko skerspjūviu, santykiui. Srovės stiprio matavimo vienetas yra amperas. Srovės stiprio matavimo prietaisas — ampermetras. Su kitais grandinės elementais jis jungiamas nuosekliai. Varža maža.
Elektrinė įtampa $U = \frac{A}{q}$ $[U]$ = 1 V	Elektrinė įtampa lygi elektros srovės darbo ir grandine pratekėjusio elektros krūvio santykiui. Įtampos matavimo vienetas yra voltas. Tai tokia įtampa tarp laidininko galų, kai juo pratekantis 1 C krūvis atlieka 1 J darbą. Įtampos matavimo prietaisas — voltmetras. Jis jungiamas į grandinę lygiagrečiai. Varža didelė.
Elektrinė varža $R = \rho \frac{l}{S}$ $[R]$ = 1 Ω	Elektrinė varža — tai medžiagos savybė priešintis elektros srovei. Laidininko elektrinė varža yra tiesiogiai proporcinga laidininko ilgiui, atvirkščiai proporcinga jo skerspjūvio plotui ir priklauso nuo laidininko medžiagos. Varžos matavimo vienetas vadinamas omu. Omas lygus varžai tokio laidininko, kuriuo teka 1 A stiprio srovė, kai įtampa tarp jo galų lygi 1 V. Varžos matavimo prietaisas — ommetras.

Savitoji elektrinė medžiagos varža $[\rho] = 1 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ $[\rho] = 1\ \Omega \cdot m$	Ji apibūdina medžiagą, iš kurios padarytas elektros laidininkas. Savitąja vadinama 1 m ilgio ir 1 mm^2 skerspjūvio ploto laidininko varža. 1 Ω · m — tai kubo, kurio briaunos ilgis 1 m, varža.
Varžas (rezistorius)	Varžas (rezistorius) yra prietaisas grandinės elektrinei varžai keisti.
Reostatas	Reostatas — įtaisas grandinės elektrinei varžai reguliuoti. Šliaužikliniu reostatu vadinamas reostatas, turintis šliaužiklį.
Omo dėsnis grandinės daliai $I = \frac{U}{R}$	Elektros srovės stipris grandinės dalyje yra tiesiogiai proporcingas tos dalies įtampai ir atvirkščiai proporcingas jos varžai.

Elektra





6 Laidininkų jungimo būdai

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- labiausiai paplitusiais laidininkų jungimo būdais: nuosekliuoju, lygiagrečiuoju, mišriuoju;
- srovės stiprio, įtampos bei varžos skaičiavimu įvairiose grandinės dalyse.

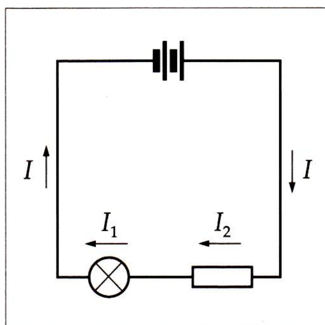
6.1. Nuoseklusis laidininkų jungimas

Bendrais bruožais susipažinome su elektros grandinėmis. Į jas įvairiais būdais jungiami srovės šaltiniai, imtuvai, matavimo prietaisai. Butų apšvietimo tinklo, šiuolaikinių elektrinių prietaisų elektrinės schemos yra labai sudėtingos. Tačiau visose jose galima įžvelgti labiausiai paplitusius laidininkų jungimo būdus: **nuosẽklųjį, lygiagrẽtųjį** ir **mìšrųjį.**

Nagrinėjant įvairius elektros grandinių elementų jungimo būdus, svarbu išsiaiškinti:

- kokio stiprio srovė teka visa grandine ar jos dalimis;
- kaip pasiskirsto įtampa;
- kokia yra pilnutinė visos grandinės arba kai kurių jos dalių varža.

Srovės stipris nuosekliojoje grandinėje



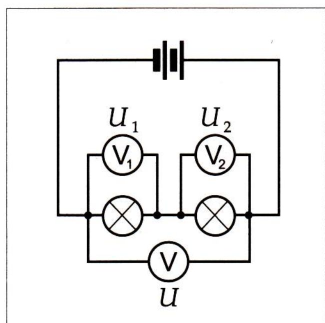
6.1 pav.

Atlikdami 3-iąjį laboratorinį darbą, sužinojome, kad **nuosekliúoju** vadinamas toks elektros grandinės jungimas, kai tos dalys jungiamos viena po kitos. Ta pati srovė iš eilės teka visomis grandinės dalimis. Vadinasi, **nuosekliai sujungtų laidininkų grandinės kiekvienoje dalyje srovės stipris yra vienodas.**

Pavyzdžiui, nuosekliai sujungtais lempute ir rezistoriumi (6.1 pav.) teka vienodo stiprio srovė, lygi srovės stipriui jungiamuosiuose laiduose:

$$I = I_1 = I_2.$$

6.2 pav.



Nuosekliosios grandinės įtampa

O kaip susijusi įtampa tarp keleto nuosekliai sujungtų laidininkų galų su kiekvieno tų laidininkų galų įtampa?

1 bandymas. Nuosekliai sujunkime dvi lemputes ir srovės šaltinį. Voltmetru išmatuokime kiekvienos

lemputės gnybtų įtampą U_1 ir U_2 ir abiejų lempučių bendrąją įtampą U (6.2 pav.). Palyginę jas, matome, kad bendroji įtampa lygi abiejų lempučių įtampų sumai.

2 bandymas. Nuosekliai sujunkime srovės šaltinį, ampermetrą, kištukinį varžyną, šliaužiklinį reostatą ir jungiklį (6.3 pav.). Voltmetrą lygiagrečiai prijungdami prie įvairių grandinės dalių, išmatuokime tų dalių įtampą. Atlikus bandymą, buvo gauti tokie rezultatai:

Grandinės dalis	Įtampa
Visas kištukinis varžynas (10 Ω)	2,5 V
Paskutinė varžyno spiralė (5 Ω)	1,25 V
Pirmoji varžyno spiralė (1 Ω)	0,25 V
Šliaužiklinis reostatas	1,25 V
Jungiklis	0 V
Jungiamieji laidai	0 V
Ampermetras	0 V
Visa grandinė	**3,75 V**

Ir šis bandymas rodo, kad **nuosekliai sujungtų laidininkų visos grandinės įtampa lygi atskirų jos dalių įtampų sumai.**

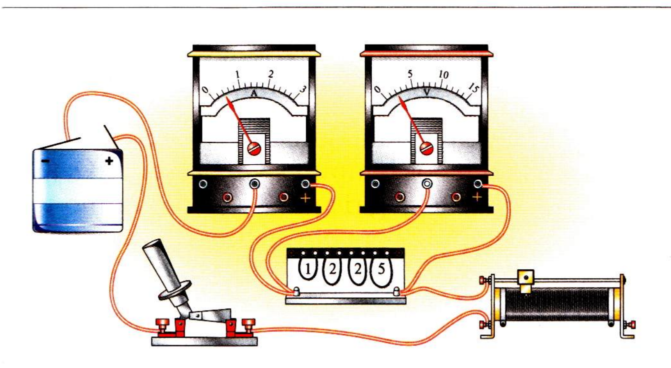
Kai yra du laidininkai,

$$U = U_1 + U_2. \quad (1)$$

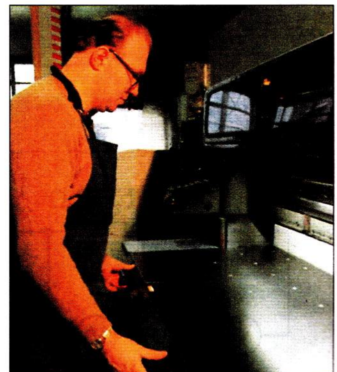
Tai įdomu !!

• *Kad darbininkas nesusižalotų rankų, popieriaus pjaustymo mašinoje įtaisyti du nuosekliai sujungti jungikliai. Mašiną galima įjungti tik tada, kai abu jie nuspausti (6.4 pav.). Atleidus vieną jungiklį, peilis staiga sustoja.*

6.3 pav.



6.4 pav.



Nuosekliosios grandinės varža

Iš Omo dėsnio grandinės daliai išplaukia, kad $U = IR$. Pritaikę šį dėsningumą 6.2 paveiksle pavaizduotai elektros grandinei, gauname:

$$U = IR, \quad U_1 = IR_1 \quad \text{ir} \quad U_2 = IR_2.$$

Įrašykime šias įtampų išraiškas į (1) lygybę:

$$IR = IR_1 + IR_2.$$

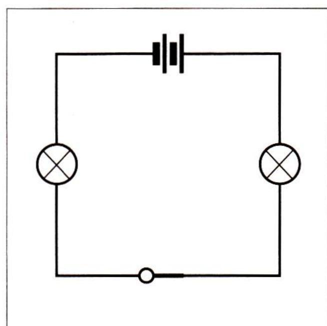
Abi jos puses padaliję iš I, gauname:

$$R = R_1 + R_2.$$

Nuosekliai sujungtų laidininkų pilnutinė varža lygi atskirų grandinės laidininkų varžų sumai.

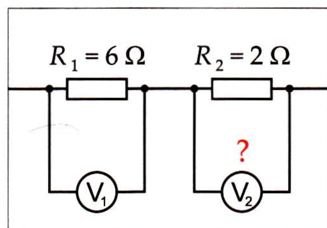
Spręsdami uždavinius, jungiamųjų laidų varžos paprastai nepaisome.

Minėti srovės stiprio, įtampos ir varžos dėsningumai galioja visiems nuosekliai sujungtiems laidininkams, nesvarbu, kiek jų yra grandinėje. Perdegus nors vienam prietaisui ar nutrūkus jungiamajam laidui, elektros srovė neteka visa nuosekliąja grandine.



6.5 pav.

6.6 pav.



Užduotys

1. Pagal 6.5 paveiksle pavaizduotą schemą sujungtoje grandinėje 2 V įtampai numatytos lemputės dega normaliai. Apskaičiuokite šaltinio gnybtų įtampą.

2. Pagal 6.6 paveiksle pavaizduotą schemą sujungta grandinė. Voltmetras V_1 rodo 12 V. Kiek voltų rodo voltmetras V_2?

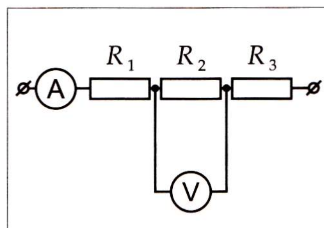
3. Kaip galima apšviesti Kalėdų eglutę mažos įtampos lemputėmis?

4. 40 lempučių eglutės girlianda numatyta 220 V įtampai. Kiekvienos lemputės varža lygi 11 Ω. Kokio stiprio srovė teka girlianda? Kokio didumo yra kiekvienos lemputės gnybtų įtampa?

5. Eglutės girliandą sudaro lemputės, kurių kiekvienos varža lygi 20 Ω. Jos vartoja 0,3 A stiprio elektros srovę. Kiek tokių lempučių reikia

nuosekliai sujungti girliandoje, kad ją būtų galima įjungti į 220 V įtampos tinklą?

6. 6.7 paveiksle pavaizduota elektros grandinės schema. Į šią grandinę įjungtas ampermetras rodo 1,5 A, voltmetras — 6 V; $R_1 = 4\ \Omega$, $R_3 = 8\ \Omega$. Apskaičiuokite pilnutinę grandinės varžą.



6.7 pav.

7. Į 100 V įtampos grandinę įjungta elektromagneto ritė. Kai prie ritės nuosekliai buvo prijungtas reostatas, srovės stipris sumažėjo nuo 10 A iki 4 A. Apskaičiuokite reostato varžą. Nubraižykite grandinės schemą.

8. Iš elektros lemputės, kurios varža 9,5 Ω, reostato, kurio varža 12 Ω, ir 400 m ilgio bei 0,4 mm^2 skerspjūvio ploto varinių laidų sujungta nuoseklioji grandinė. Apskaičiuokite jos varžą.

9. Lemputė, numatyta 6 V įtampai ir 5 A stiprio srovei, prie 6 V įtampos šaltinio prijungta 20 m ilgio ir 1 mm^2 skerspjūvio ploto variniais laidais. Ar lemputė švies normaliai?

10. Elektros grandinę sudaro akumuliatorių bateriją, sukurianti grandinėje 6 V įtampą, kišeninio žibintuvėlio lemputė, kurios varža 13,5 Ω, 3 Ω ir 2 Ω varžos spiralės, jungiklis ir laidai. Visos sudedamosios grandinės dalys sujungtos nuosekliai. Nubraižykite grandinės schemą, apskaičiuokite srovės stiprį grandinėje ir kiekvieno imtuvo galų įtampą.

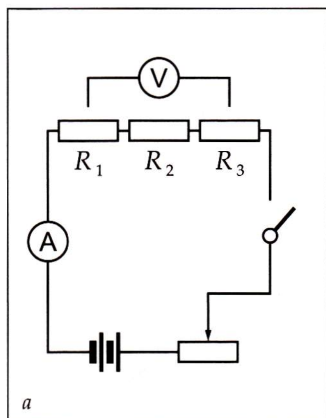
5-asis laboratorinis darbas. Nuosekliojo laidininkų jungimo tyrimas

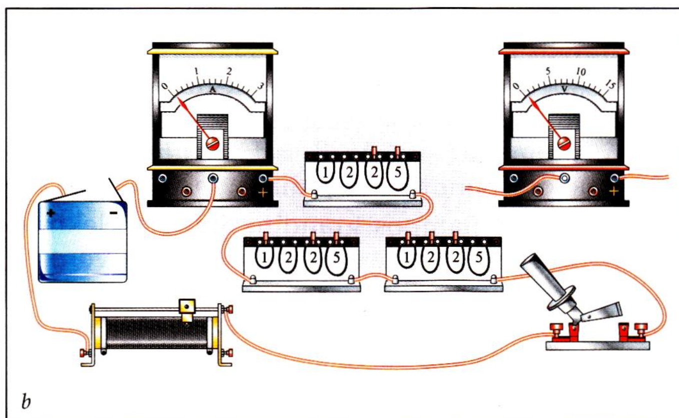
Priemonės: 1) kišeninio žibintuvėlio baterija; 2) trijų vielinių rezistorių rinkinys; 3) ampermetras; 4) voltmetras; 5) jungiklis; 6) šliaužiklinis reostatas; 7) jungiamieji laidai.

Darbo eiga

1. Pagal 6.8 paveiksle, *a*, pavaizduotą elektrinę schemą sujunkite grandinę (6.8 pav., *b*) be voltmetro.

2. Prie voltmetro gnybtų prijunkite du laidus, kitus jų galus palikite laisvus.





6.8 pav.

3. Įjungę jungiklį, ampermetru išmatuokite srovės stiprį grandinėje.

4. Ampermetrą įjungdami įvairiose grandinės vietose, išmatuokite srovės stiprį.

5. Prie voltmetro prijungtų laidų laisvaisiais galais palieskite iš eilės visų rezistorių gnybtus ir išmatuokite jų įtampą U_1, U_2, U_3.

6. Voltmetru išmatuokite visų nuosekliai sujungtų rezistorių bendrąją įtampą U.

7. Užsirašykite visus matavimo duomenis.

8. Pagal ampermetro ir voltmetro rodmenis apskaičiuokite kiekvieno į grandinę įjungto rezistoriaus varžą R_1, R_2 ir R_3 bei pilnutinę nuosekliai sujungtų rezistorių varžą $\left(R = \frac{U}{I}\right)$.

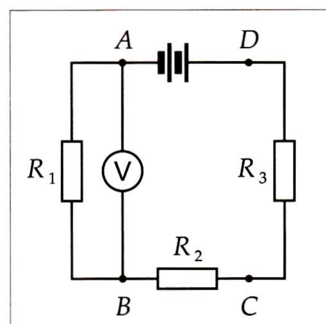
9. Patikrinkite, ar pasitvirtino jau žinomi nuosekliojo laidininkų jungimo dėsningumai:

$$I = I_1 = I_2 = I_3,$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3,$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

6.9 pav.



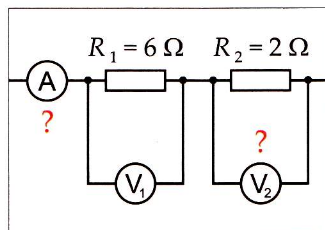
Užduotys

1. Nuosekliai sujungtų dviejų 12 Ω varžos lempų ir reostato pilnutinė varža lygi 54 Ω. Apskaičiuokite reostato varžą.

2. Tarp schema pavaizduotos elektros grandinės (6.9 pav.) taškų A ir B yra 1 V įtampa. Rezis-

torių varža tokia: $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 1\ \Omega$. Kokio stiprio srovė teka grandine? Kokia įtampa yra tarp taškų *B* ir *C*, *C* ir *D*, *A* ir *D*? Kokio didumo yra pilnutinė grandinės varža?

3. 6.10 paveiksle pavaizduotoje grandinės dalyje voltmetras V_1 rodo 24 V. Nustatykite voltmetro V_2 ir ampermetro A rodmenis.



6.10 pav.

6.2. Lygiagretusis laidininkų jungimas

Srovės stipris lygiagrečiojoje grandinėje

Elektros grandinėse kelių laidininkų vieną galą galima sujungti viename taške, o kitą jų visų galą — kitame (6.11 pav.). Toks laidininkų jungimo būdas vadinamas **lygiagrečiúoju** (aiškus lygiagretumas yra tik schemose).

Nagrinėdami 6.11 paveiksle pateiktą schemą, galime padaryti tokią prielaidą: iš srovės šaltinio neigiamojo poliaus tekėdami elektronai (nepamirškime, kad srovės kryptis yra iš teigiamojo šaltinio poliaus į neigiamąjį) šakojimosi taške *A* pasiskirsto į dvi dalis, o taške *B* vėl sudaro bendrą srovę. Į tašką *A* per sekundę atitekančių elektronų skaičius turi būti lygus iš jo ištekančių elektronų skaičiui. Ši prielaida galioja ir taškui *B*.

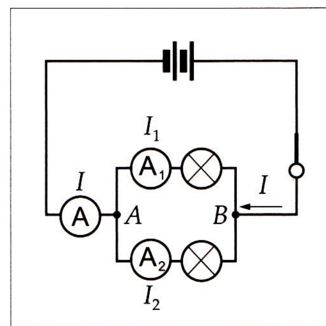
Vadinasi, **srovės stipris nešakotinėje grandinės dalyje lygus srovės stiprių atskiruose lygiagrečiai sujungtuose laidininkuose sumai:**

$$I = I_1 + I_2. \quad (1)$$

Patikrinkime šį teiginį, atlikdami bandymą.

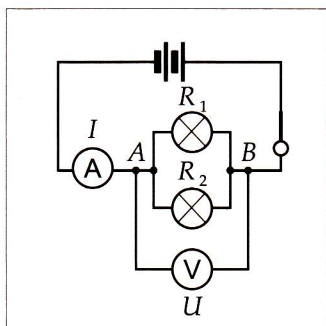
1 bandymas. Sujunkime grandinę pagal 6.11 paveiksle pavaizduotą elektrinę schemą. Ampermetrai rodo srovės stiprį įvairiose grandinės dalyse. Palyginkime ampermetrų A_1 ir A_2 rodmenų sumą su ampermetro A rodmeniu. Bandymo rezultatas patvirtina mūsų prielaidą.

6.11 pav.



Lygiagrečiosios grandinės įtampa

O kaip lygiagrečiai sujungtuose laidininkuose pasiskirsto įtampa, kokia yra pilnutinė lygiagrečiosios grandinės varža?



6.12 pav.

2 bandymas. Lemputes, kurių varža R_1 ir R_2, sujunkime pagal 6.12 paveiksle pavaizduotą schemą. Tarp grandinės taškų A ir B įjungtas voltmetras rodo vienodą abiejų lempučių įtampą:

$$U = U_1 = U_2.$$

Taigi **lygiagrečiai sujungtų laidininkų galų ir visos šakotinės grandinės dalies įtampa yra vienoda.**

Lygiagrečiosios grandinės varža

6.12 paveiksle pateiktos grandinės schemos dalims pritaikykime Omo dėsnį:

$$I = \frac{U}{R}, \quad I_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}. \qquad (2)$$

Prisiminkime, kad srovės stipris grandinėje lygus srovės stiprių atskirose jos dalyse sumai (žr. (1) formulę).

(2) lygybę įrašome į (1):

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}.$$

Tačiau $U = U_1 = U_2$, todėl

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}.$$

Abi lygybės puses padaliję iš U, gauname:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2},$$

arba

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Šios formulės susieja lygiagrečiosios grandinės pilnutinę varžą su atskirų jos dalių varžomis.

Kai lygiagrečiai sujungti du vienodos varžos laidininkai, tai $R_1 = R_2$ ir pilnutinė grandinės varža

$$R = \frac{R_1 R_1}{R_1 + R_1}, \text{ arba } R = \frac{R_1}{2}. \qquad (3)$$

Lygiagrečiai sujungus laidininkus, pilnutinė grandinės varža sumažėja. Tai akivaizdžiai matyti iš (3) formulės — dviejų vienodos varžos lygiagrečiai sujungtų laidininkų pilnutinė varža perpus mažesnė už vieno tokio laidininko varžą. Kodėl? Mat sujungus laidininkus, tarsi padidėja laidininko skerspjūvio plotas. Kiek kartų jis padidėja, tiek kartų sumažėja varža $\left(\text{nes } R = \frac{\rho l}{S}\right)$.

Aptarti srovės stiprio, įtampos ir varžos dėsningumai galioja visiems lygiagrečiai sujungtiems laidininkams, nesvarbu, kiek jų yra grandinėje.

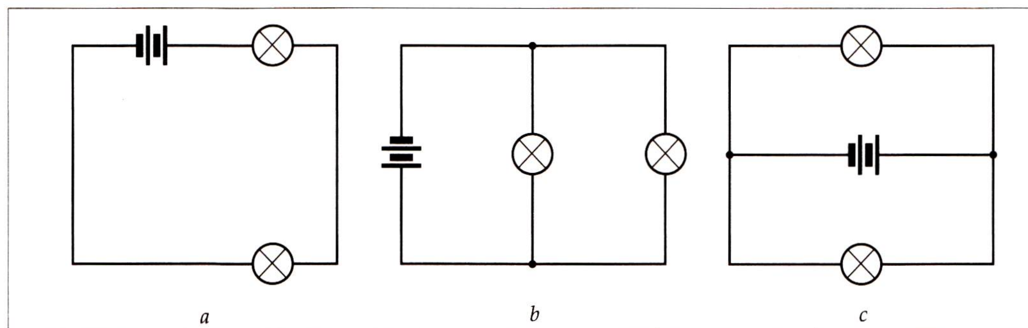
Lygiagrečiai jungiami elektros energijos imtuvai numatomi vienodai įtampai. Mūsų butų apšvietimo tinklo įtampa yra 220 V, todėl elektros lempos, buitiniai prietaisai pritaikyti būtent tokiai įtampai. Šis jungimo būdas patogus tuo, kad, išjungus vieną imtuvą, kiti veikia.

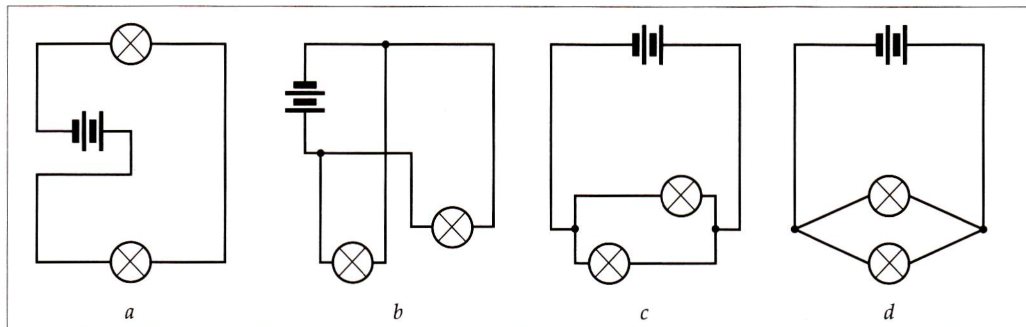
Užduotys

1. Kaip sujungtos lemputės 6.13 paveiksle pavaizduotose elektrinėse schemose?

2. Kuriose elektrinėse schemose (6.14 pav.) lemputės yra sujungtos lygiagrečiai?

6.13 pav.





6.14 pav.

3. 6.15 paveiksle pavaizduotos trys nuosekliai sujungtos lemputės. Kaip paprasčiausiu būdu jų nuoseklųjį jungimą pakeisti lygiagrečiuoju? (Ir sujungtos lygiagrečiai, lemputės neperdega.)

4. 6.16 paveiksle pateiktos trys elektros lempučių lygiagrečiojo jungimo schemos. Kurioje schemoje yra klaidų?

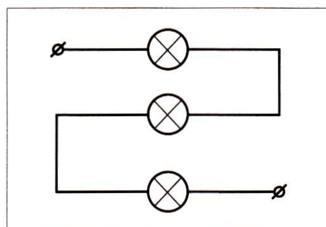
5. Grandinės, sujungtos pagal 6.17 paveiksle pateiktą schemą, kiekviena lempute per 0,5 min prateka 120 C elektros krūvis. Kokį srovės stiprį rodo grandinėje įjungtas ampermetras A?

6. Pagal 6.18 paveiksle pavaizduotą schemą sujungta elektros grandinė. Kiek voltų rodo voltmetras?

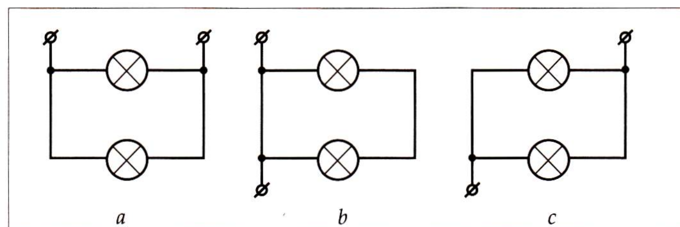
7. 15 Ω varžos varinis laidas buvo supjaustytas į 5 lygias dalis ir iš jų supintas lynas. Apskaičiuokite lyno varžą.

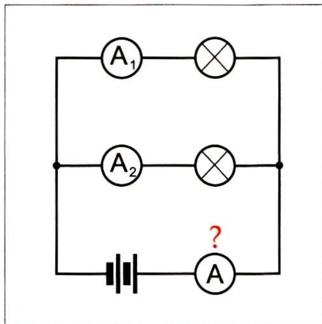
8. Grandinėje lygiagrečiai sujungti keturi rezistoriai, kurių varža yra atitinkamai 2 Ω, 4 Ω, 8 Ω ir 16 Ω. Apskaičiuokite pilnutinę grandinės varžą. Nubraižykite šių rezistorių jungimo schemą.

6.15 pav.

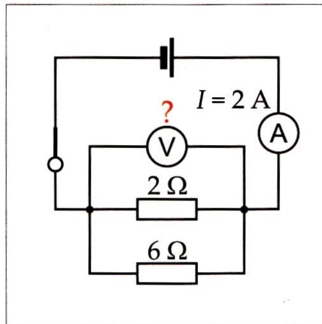


6.16 pav.





6.17 pav.

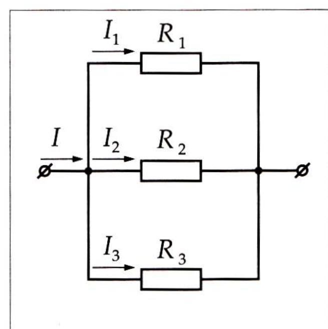


6.18 pav.

9. Apskaičiuokite 6.19 paveiksle pavaizduotos grandinės dalies varžą R_3, kai $I = 15$ A, $I_2 = 5$ A, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$.

10. Į tą patį tinklą įjungti įvairūs buitiniai prietaisai: lempa, viryklė, laidynė, kompiuteris, skalbimo mašina ir t. t. Kodėl jais teka nevienodo stiprio srovė?

11. Trys vienodo ilgio ir skerspjūvio vielos — geležinė, sidabrinė ir varinė — lygiagrečiai įjungtos į grandinę. Kuria viela teka stipriausia srovė?



6.19 pav.

6-asis laboratorinis darbas. **Lygiagrečiojo laidininkų jungimo tyrimas**

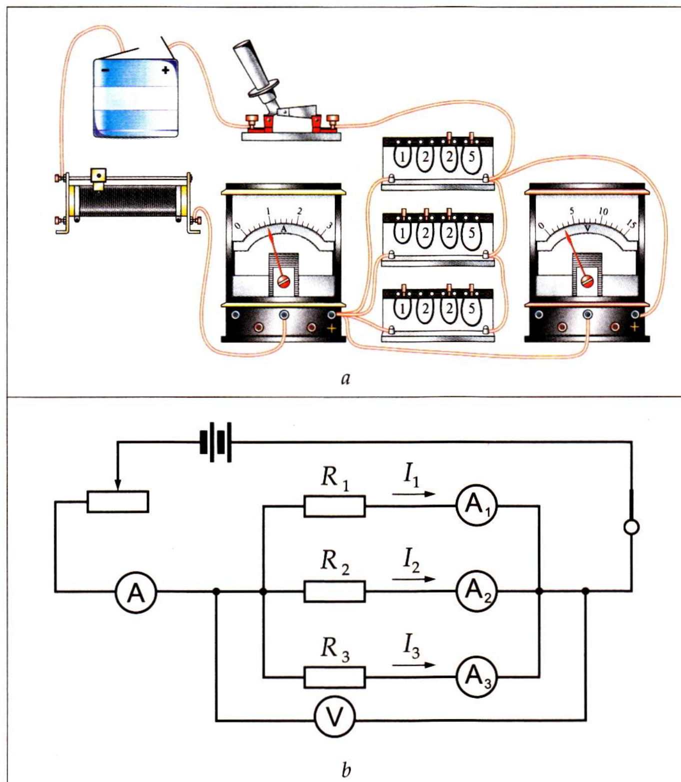
Priemonės: 1) kišeninio žibintuvėlio baterija; 2) trijų vielinių rezistorių rinkinys; 3) šliaužiklinis reostatas; 4) ampermetras; 5) voltmetras; 6) jungiklis; 7) jungiamieji laidai.

Darbo eiga

1. Sujunkite elektros grandinę (6.20 pav., *a*) pagal 6.20 paveiksle, *b*, pavaizduotą schemą.

2. Voltmetru išmatuokite įtampą U tarp lygiagrečiai sujungtų laidininkų galų.

3. Ampermetrą įjungdami iš eilės į pagrindinę grandinę ir į lygiagrečiai sujungtas jos šakas, išmatuokite srovės stiprį I, I_1, I_2 ir I_3.



6.20 pav.

4. Visus matavimo duomenis užsirašykite savo sąsiuvinyje.

5. Remdamiesi jais, apskaičiuokite pilnutinę grandinės varžą R $\left(R = \frac{U}{I}\right)$ ir kiekvieno iš lygiagrečiai sujungtų rezistorių varžą R_1, R_2 ir R_3.

6. Patikrinkite, ar pasitvirtino 6.2 skyrelyje išnagrinėti lygiagrečiojo laidininkų jungimo dėsningumai:

$$I = I_1 + I_2 + I_3,$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3,$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Užduotys

1. Nubraižykite 6.21 paveiksle pavaizduotos grandinės jungimo schemą.

2. Kuriuose grandinės taškuose (*A, B, C, D, E, F* ar *G*) turėtų būti jungiklis, kad jis vienu metu išjungtų visas lemputes (6.22 pav.)?

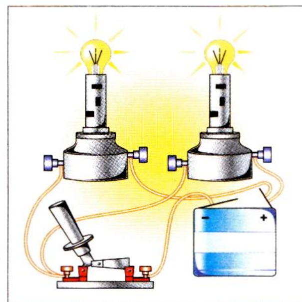
3. Kaip į 6.23 paveiksle pavaizduotą grandinės schemą įjungtos lemputės L_1 ir L_2? Kaip lemputė L_1 sujungta su ampermetru A_1, o lemputė L_2 — su ampermetru A_2? Ką rodo ampermetrai A_1 ir A_2, jei lempute L_1 teka 0,2 A, o lempute L_2 — 0,3 A stiprio srovė? Ką tada rodo ampermetras A?

4. Grandinę sudaro srovės šaltinis, trys lygiagrečiai sujungtos lemputės, ampermetrai, matuojantys srovės stiprį kiekvienoje lemputėje, ir ampermetras, matuojantis bendrą srovės stiprį grandinėje. Nubraižykite šios grandinės schemą.

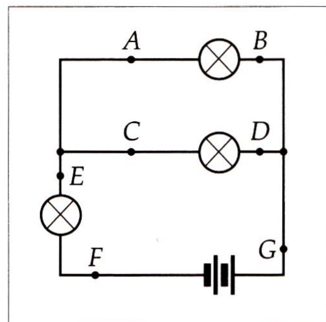
5. Kaip sujungtos lemputės 6.24 paveiksle, *a* ir *b*, nubraižytose schemose? Nurodykite srovės kryptį atitinkamose grandinėse. Ar degs lemputės, jei taške *A* nutrūks laidas?

6. 6.25 paveiksle pavaizduota šešių vienodų lempučių grandinės jungimo schema. *1*, *2* ir *4* lempute tekančios srovės stipris nurodytas schemoje. Kokio stiprio srovė teka *3*, *5* ir *6* lempute?

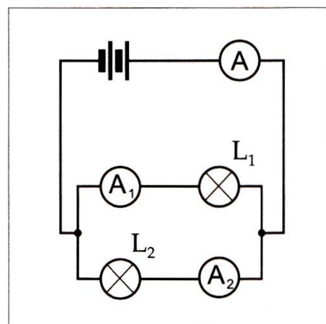
7. Miestelyje yra 400 butų. Kiekvieno jų vartojamos srovės stipris vidutiniškai lygus 6 A. Koks į miestelį laidais atitekančios srovės stipris?



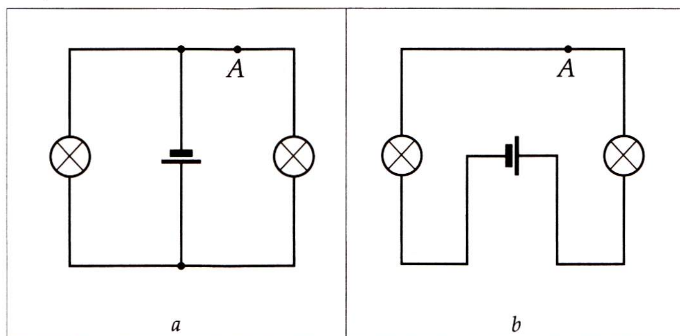
6.21 pav.



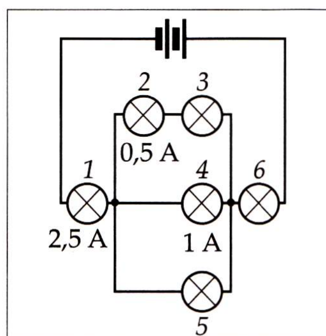
6.22 pav.



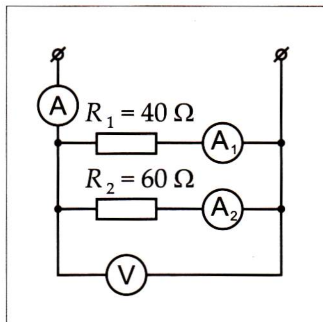
6.23 pav.



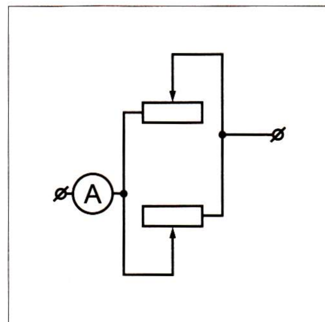
6.24 pav.



6.25 pav.



6.26 pav.



6.27 pav.

8. Srovės stipris grandinėje lygus 10 A (6.26 pav.). Ką rodo matavimo prietaisai A_1, A_2 ir V?

9. Du vienodi šliaužikliniai reostatai įjungti į grandinę pagal 6.27 paveiksle pavaizduotą schemą. Ar keisis ampermetro rodmuo, jei abiejų reostatų šliaužiklius stumsime į kairę? viršutinio reostato — į kairę, apatinio — į dešinę?

6.3. Mišrusis laidininkų jungimas

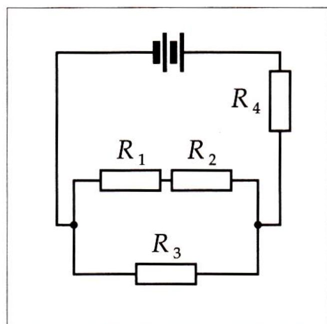
Praktikoje laidininkai retai jungiami grandinėje vien nuosekliai arba vien lygiagrečiai. Toje pačioje grandinėje dažnai derinamas lygiagretusis ir nuoseklusis laidininkų jungimas. Jis vadinamas **mišriúoju jungimù**.

Apie tokį laidininkų jungimo būdą jau sužinojote nagrinėdami grandines, kuriose voltmetras su elektros energijos imtuvu buvo sujungtas lygiagrečiai, o ampermetras — nuosekliai (žr. 6.3, 6.8, 6.20 pav.).

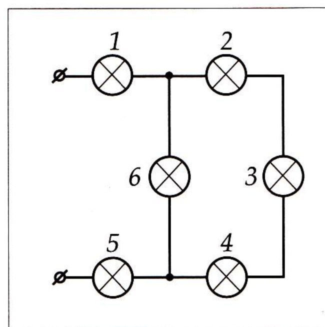
Išnagrinėkime keletą mišriojo grandinių jungimo pavyzdžių.

1 pavyzdys. 6.28 paveiksle pateiktoje schemoje rezistoriai R_1 ir R_2 vienas su kitu sujungti nuosekliai, o su rezistoriumi R_3 — lygiagrečiai. Visi šie trys rezistoriai nuosekliai sujungti su rezistoriumi R_4. Tokį jungimą galima pavadinti mišriuoju.

6.28 pav.



2 pavyzdys. 6.29 paveiksle pavaizduota šešių lempučių mišriojo jungimo schema. *2*, *3* ir *4* lemputės viena su kita sujungtos nuosekliai, o visos trys su *6* lempute — lygiagrečiai. Visos šios lemputės nuosekliai sujungtos su *1* ir *5* lempute.



6.29 pav.

Užduotys

1. Kuriuo paros metu gyvenvietės elektros tinklo varža yra didžiausia: dieną ar vakare? Manykite, kad įjungiamos tik elektros lemputės.

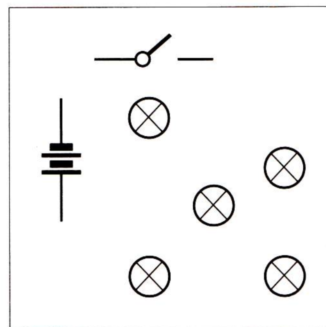
2. Lemputes prie srovės šaltinio vieną kartą prijunkite nuosekliai, kitą kartą — lygiagrečiai (6.30 pav.). Jungiklį įjunkite taip, kad juo iš karto užgesintumėte visas lemputes.

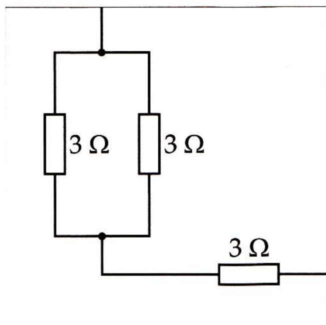
3. Trys vienodos lemputės sujungiamos su srovės šaltiniu ir reostatu trejopai: pirmą kartą — visi elementai nuosekliai, antrą kartą — taip pat nuosekliai, tik lemputės tarpusavy sujungiamos lygiagrečiai, trečią kartą — visi elementai lygiagrečiai. Kurios grandinės varža yra mažiausia?

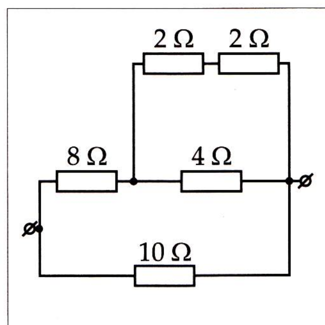
4. Apskaičiuokite pagal 6.31 paveiksle pavaizduotą schemą sujungtos grandinės dalies varžą.

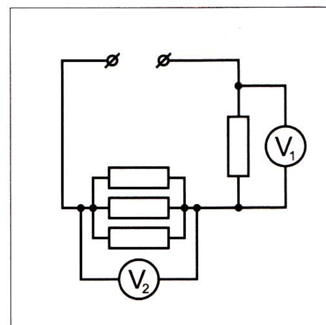
5. Apskaičiuokite pagal 6.32 paveiksle pavaizduotą schemą sujungtos grandinės dalies pilnutinę varžą.

6. Grandinėje, sujungtoje pagal 6.33 paveiksle pavaizduotą schemą, visi rezistoriai yra vienodi. Palyginkite voltmetrų V_1 ir V_2 rodmenis.


6.30 pav.

6.31 pav.


6.32 pav.


6.33 pav.


7. Grandinėje (6.34 pav.) — vienodi rezistoriai. Kurios grandinės dalies (*A* ar *B*) didesnė varža? įtampa? Kuri dalis vartoja stipresnę srovę?

8. 6.35 paveiksle pavaizduota grandine tekančios srovės stiprį ir rezistorių įtampą žymėsime tais pačiais indeksais, kaip ir rezistorių varžą. Šaltinio polių įtampa $U = 6$ V. Apskaičiuokite trūkstamus dydžius:

$R_1 = 2{,}5\ \Omega$, $U_1 = ...$, $I_1 = 0{,}4$ A;
$R_2 = 20\ \Omega$, $U_2 = ...$, $I_2 = ...$;
$R_3 = 10\ \Omega$, $U_3 = 2$ V, $I_3 = ...$;
$R_4 = ...$, $U_4 = ...$, $I_4 = ...$;
$R_5 = ...$, $U_5 = ...$, $I_5 = ...$.

9. Dviejų nuosekliai sujungtų rezistorių pilnutinė varža yra 25 Ω. Vieno iš jų varža lygi 10 Ω. Kokia bus pilnutinė grandinės varža, jeigu šiuos rezistorius sujungsime lygiagrečiai?

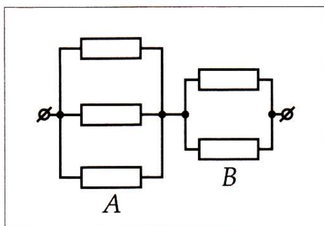
10. Kaip reikia sujungti keturis rezistorius, kurių kiekvieno varža 3 Ω, kad pilnutinė jų varža taip pat būtų 3 Ω?

11. Turime tris rezistorius, kurių kiekvieno varža 2 Ω. Kaip reikia juos sujungti, kad pilnutinė jų varža būtų 3 Ω? Nubraižykite tokios grandinės schemą.

12. Turime 1 Ω, 2 Ω ir 3 Ω varžos rezistorius. Kokio didumo varžas galima gauti, įvairiais būdais jungiant šiuos rezistorius į grandinę?

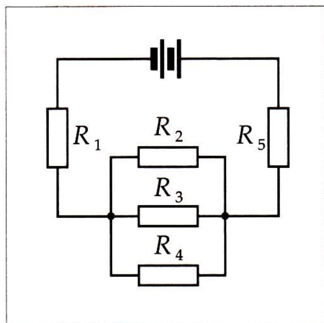
13. Aštuoni rezistoriai, kurių kiekvieno varža 20 Ω, nuosekliai sujungti po du į keturias lygiagrečias grandines. Nubraižykite rezistorių jungimo schemą ir apskaičiuokite pilnutinę grandinės varžą.

14. Kaip reikia sujungti tris rezistorius, kurių kiekvieno varža 6 Ω, kad pilnutinė grandinės varža būtų lygi 2 Ω? 4 Ω? 9 Ω? 18 Ω? Nubraižykite šių rezistorių jungimo schemas.



6.34 pav.

6.35 pav.



Skyriaus „Laidininkų jungimo būdai" santrauka

Nuoseklusis jungimas	Nuosekliuoju vadinamas toks elektrinės grandinės jungimas, kai jos dalys jungiamos viena po kitos.	
Lygiagretusis jungimas	Lygiagrečiuoju vadinamas toks laidininkų jungimas, kai visų jų vienas galas sujungiamas viename taške, o kitas galas — kitame.	
Mišrusis jungimas	Vienoje grandinėje derinamas lygiagretusis ir nuoseklusis laidininkų jungimas vadinamas mišriuoju jungimu.	
	Nuoseklusis jungimas	**Lygiagretusis jungimas**
Srovės stipris	$I = I_1 = I_2 = ...$ Nuosekliai sujungtų laidininkų grandinės kiekvienoje dalyje srovės stipris yra vienodas	$I = I_1 + I_2 + ...$ Srovės stipris nešakotinėje dalyje lygus srovės stiprių lygiagrečiai sujungtuose laidininkuose sumai
Įtampa	$U = U_1 + U_2 + ...$ Nuosekliai sujungtų laidininkų grandinės įtampa lygi atskirų dalių įtampų sumai	$U = U_1 = U_2 = ...$ Lygiagrečiai sujungtų laidininkų galų ir visos grandinės įtampa yra vienoda
Varža	$R = R_1 + R_2 + ...$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ...$

Elektra

7 Elektros srovės darbas ir galia

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- elektros srovės darbo sąvoka;
- elektros srovės galios sąvoka;
- laidininkų įšilimo reiškiniu;
- paprasčiausiais elektriniais prietaisais;
- trumpojo jungimo reiškiniu;
- saugikliais.

7.1. Elektros srovės darbas

Kaip apskaičiuoti elektros srovės darbą

Sujungus grandinę, elektronai juda laidais ir elektros energijos imtuvais, o juose elektros energija virsta vidine, šviesos arba mechanine energija. Pavyzdžiui, elektriniuose šildymo prietaisuose elektros energija virsta vidine energija. Jau iš VIII klasės fizikos kurso žinome, kad, vykstant energijos virsmams, atliekamas darbas. Jo didumas yra vienos rūšies energijos virsmo kita matas. Taigi kaip apskaičiuoti **elèktros srovẽs dárbą**?

Nagrinėdami 5.2 skyrelį, sužinojome, kad, pratekant grandine krūviui q, elektros srovė atlieka darbą $A = Uq$. Išmatuoti grandine pratekėjusį krūvį q praktiškai sunku. Bet jį galima apskaičiuoti. Tik reikia išmatuoti elektros srovės stiprį I grandinėje ir jos tekėjimo laiką t:

$$I = \frac{q}{t}, \quad \text{arba} \quad q = It.$$

Į lygybę $A = Uq$ vietoj q įrašę It, išvedame elektros srovės darbo formulę:

$$A = UIt.$$

Elektros srovės darbas grandinės dalyje lygus tos dalies įtampai, padaugintai iš srovės stiprio ir jos tekėjimo laiko.

Ši elektros srovės darbo formulė patogi tuo, kad matavimo prietaisais (ampermetru, voltmetru, laikrodžiu) galima išmatuoti fizikinius dydžius, nuo kurių tas darbas priklauso.

Mums jau žinomi į elektros srovės darbo formulę įeinančių fizikinių dydžių matavimo vienetai, todėl

$$[A] = 1\ \text{V} \cdot 1\ \text{A} \cdot 1\ \text{s} = \mathbf{1\ J}.$$

Taigi

$$1\ \text{J} = 1\ \text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}.$$

Praktikoje elektros srovės darbas matuojamas ne ampermetru, voltmetru ir laikrodžiu, o specialiais prietaisais — **elèktros skaitìkliais**. Juose sumontuoti visi trys minėti prietaisai. Elektros skaitiklis yra kiekviename bute ar name.

Laidininkų įšilimas nuo elektros srovės

Elektros srovė šildo laidininkus — didina vidinę jų energiją. Tikslūs bandymai parodė, kad nejudančiuose laidininkuose visas elektros srovės darbas naudojamas jų vidinei energijai didinti. Įkaitęs laidininkas savo vidinę energiją atiduoda aplink jį esantiems kūnams šilumos perdavimo būdu. Pagal atiduotą šilumos kiekį galima spręsti apie elektros srovės darbą.

Šilumos kiekį pažymėkime raide Q. Remdamiesi energijos tvermės dėsniu, galime užrašyti:

$$Q = A, \text{ arba } Q = UIt.$$

Iš Omo dėsnio grandinės daliai žinome, kad $U = IR$. Taigi

$$Q = I^2Rt. \quad (1)$$

Įrašę į (1) lygybę Omo dėsniu $I = \frac{U}{R}$ išreikštą I vertę, gauname:

$$Q = \frac{U^2}{R}t. \quad (2)$$

(1) ir (2) formulė rodo, kad laidininke išsiskyrusios šilumos kiekis priklauso nuo laidininko varžos, srovės tekėjimo laiko ir srovės stiprio arba įtampos.

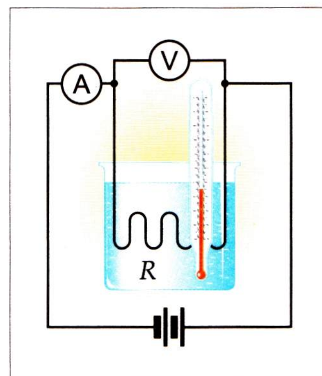
(1) formule patogiau remtis tada, kai srovė teka keliais nuosekliai sujungtais laidininkais (srovės stipris tokioje grandinėje visur vienodas). (2) formulė patogesnė skaičiuojant, kokį šilumos kiekį išskiria lygiagrečiai sujungti laidininkai (tada jų įtampa vienoda).

Tai įdomu !

- *Kad laidininku tekančios elektros srovės išskiriamas šilumos kiekis priklauso nuo srovės stiprio kvadrato, laidininko varžos ir srovės tekėjimo laiko, eksperimentais 1841 metais įrodė anglų fizikas Džeimsas Preskotas Džaulis* (J. P. Joule).

Principinė jo atlikto bandymo schema pateikta 7.1 paveiksle. Rezistorius R buvo panardintas į tam tikros masės ir temperatūros vandenį. Sujungus grandinę, ja pradėjo tekėti elektros srovė. Rezistorius R įkaito ir šilumą atidavė vandeniui. Prietaisais buvo išmatuota įtampa U, srovės stipris I ir srovės tekėjimo laikas t. Bandymo pabaigoje vėl išmatuota vandens temperatūra. Remdamasis bandymo duomenimis, Dž. P. Džaulis apskaičiavo, kiek šilumos gavo vanduo, ir tą šilumos kiekį palygino su elektros srovės atliktu darbu.

7.1 pav.



Užduotys

1. Kokį darbą per 3 s atlieka elektros srovė, kurios stipris 1,5 A, o šaltinio gnybtų įtampa 4 V?

2. Apskaičiuokite, kokį darbą atlieka elektros srovė:

Eil. nr.	*U*	*I*	*t*	*A*
1	6 V	0,5 A	1 s	
2	12 V	2 A	0,5 h	
3	220 V	10 mA	1 s	
4	4 V	0,1 A	5 min	

3. Remdamiesi elektros srovės darbo formule, apskaičiuokite nežinomus dydžius:

Eil. nr.	*U*	*I*	*t*	*A*
1	12 V	0,5 A	100 s	
2		10 mA	5 min	300 J
3	4 V		2 h	7,2 kJ
4	220 V	2,5 A	0,5 h	

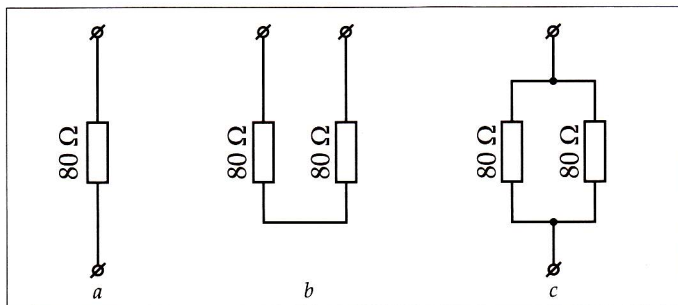
4. Automobilio elektros lempa, kurios gnybtų įtampa 12 V, teka 3,5 A stiprio srovė. Kiek energijos ši lempa suvartoja per 1 min?

5. Grandinės dalimi, kurios įtampa 12 V, pratekėjo 600 C krūvis. Kokį darbą atliko elektros srovė?

6. 80 Ω varžos spiralės įjungtos į 220 V įtampos tinklą 7.2 paveiksle parodytais gnybtais. Kuriuo atveju spiralės išskyrė mažiausiai ir kuriuo — daugiausiai šilumos?

7. Degančios elektros lemputės kaitinamasis siūlas labai įkaista. Kodėl šalti lemputę prie srovės šaltinio jungiantys laidai?

7.2 pav.



8. Kodėl negalima į tinklą jungti tuščio elektrinio arbatinio?

9. Grandinėje, kuria teka elektros srovė, nuosekliai sujungti du vienodų matmenų (ilgio ir skerspjūvio ploto) varinis ir geležinis laidininkai. Kuris jų per tą patį laiką įkais labiau?

10. Remdamiesi laidininke išsiskyrusios šilumos kiekio formule (1), apskaičiuokite trūkstamus dydžius:

Eil. nr.	*I*	*R*	*t*	*Q*
1	5 A	200 Ω	10 s	
2	2 A		5 s	2000 J
3		50 Ω	10 s	2000 J
4	100 mA	300 Ω		300 J

11. Srovės stipris elektros variklio grandinėje 5 A, jo gnybtų įtampa 220 V, variklio naudingumo koeficientas 80 %. Kokį darbą šis variklis atlieka per 1 h?

7.2. Elektros srovės galia

Elektros srovės galios išraiška

Iš VIII klasės fizikos kurso žinome, kad galia vadinamas darbas, atliktas per vienetinį laiko tarpą. Ji apskaičiuojama, mechaninį darbą dalijant iš laiko, per kurį tas darbas atliktas:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Taip pat galima rasti ir **elèktros srovẽs gãlią**, kuri paprastai žymima raide *P*. Elektros srovės darbą reikia padalyti iš jo atlikimo laiko:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t},$$

arba

$$P = UI. \qquad (1)$$

Taigi **elektros srovės galia lygi įtampos ir srovės stiprio sandaugai.**

Tai įdomu ! !

- *Nieko neveikdamas žmogus per dieną išeikvoja apie 1 kWh energijos, dirbdamas sunkų darbą — apie 4 kWh. Vidutinė žmogaus galia apytiksliai yra nuo 40 W iki 160 W, trumpalaikė — iki 2 kW.*
- *Statistikos duomenys rodo, kad, naudodamasis elektriniais namų apyvokos reikmenimis, besivystančių šalių vienas gyventojas vartoja 200 W galią, o pramoninių kraštų gyventojas — 5000 W. Daugiausia jos tenka vienam JAV gyventojui — apie 10 000 W.*
- *Kai kurių elektrinių prietaisų galia*

Kvarcinis laikrodis	10^{-6} W
Kišeninis skaičiuotuvas	$4 \cdot 10^{-4}$ W
Kišeninis žibintuvėlis	1 W
Dviračio lempa	2,4 W
Elektrinis skambutis	15 W
Šaldytuvas „Snaigė" (vidutinė galia)	45 W
Spalvoto vaizdo televizorius „Šilelis"	60 W
Apšvietimo lempos	15—200 W
Dulkių siurblys	1300 W
Elektrinis arbatinis	1,2 —2 kW
Laidynė	2 kW
Skalbimo mašina	0,6 kW

Palyginimui — žaibo galia 10^{10} kW.

Elektros srovės galios matavimo vienetai

Kaip jau žinome iš VIII klasės kurso, galios matavimo vienetas yra *vãtas* (W). Jį galime nustatyti ir remdamiesi (1) formule:

$$[P] = 1\ \text{V} \cdot 1\ \text{A} = \mathbf{1\ W = 1\ J/s}.$$

Vartojami ir stambesni, kartotiniai, galios vienetai: *hektovãtas* (hW), *kilovãtas* (kW), *megavãtas* (MW).

$$1\ \text{hW} = 100\ \text{W} = 10^2\ \text{W};$$

$$1\ \text{kW} = 1000\ \text{W} = 10^3\ \text{W};$$

$$1\ \text{MW} = 1\,000\,000\ \text{W} = 10^6\ \text{W}.$$

Elektros srovės galią galima išmatuoti voltmetru ir ampermetru, tačiau praktikoje ji matuojama specialiais prietaisais — **vatmètrais**.

Elektros srovės darbo matavimo vienetai

Žinodami elektros srovės darbą ir jo atlikimo laiką, nustatėme, kam lygi elektros srovės galia. Galimas ir atvirkščias veiksmas — žinant srovės galią, apskaičiuojamas tos srovės atliktas darbas:

$$A = Pt.$$

Iš šios formulės matyti, kad elektros srovės darbo matavimo vienetas gali būti *vãtsekundė*:

$$[A] = 1\ \text{W} \cdot 1\ \text{s} = 1\ \text{Ws} = 1\ \text{J}.$$

Praktikoje dažnai patogiau elektros energiją matuoti stambesniais vienetais: *vãtvalandėmis* (Wh), *hektovãtvalandėmis* (hWh), *kilovãtvalandėmis* (kWh).

$$1\ \text{Wh} = 1\ \text{W} \cdot 3600\ \text{s} = 3600\ \text{Ws} = 3600\ \text{J};$$

$$1\ \text{hWh} = 100\ \text{W} \cdot 3600\ \text{s} = 360\,000\ \text{Ws} = 360\,000\ \text{J};$$

$$1\ \text{kWh} = 1000\ \text{W} \cdot 3600\ \text{s} = 3\,600\,000\ \text{Ws} = 3\,600\,000\ \text{J}.$$

Labiausiai paplitęs elektros energijos matavimo vienetas yra kilovatvalandė. Jomis matuojama ir

mūsų butuose suvartojama elektros energija. Energetikos įmonėms mokama už kilovatvalandes (ne už kilovatus, kaip kartais klaidingai sakoma).

Užduotys

1. Šiuos elektros srovės galios vienetus išreikškite kitais:

$5\ W = ...\ \frac{J}{s}$, $250\ W = ...\ kW$,
$5000\ W = ...\ MW$, $8\ kW = ...\ W$,
$3\ MW = ...\ W$, $2\ kW = ...\ \frac{J}{s}$.

2. Vienus elektros srovės darbo vienetus išreikškite kitais:

$2\ Ws = ...\ J$, $2\ kWh = ...\ J$,
$5\ V \cdot A \cdot s = ...\ J$, $1\ kJ = ...\ Ws$,
$10\ Wh = ...\ kJ$, $2\ J = ...\ Ws$,
$1\ kWh = ...\ J$, $5\ kWh = ...\ Ws$.

3. Remdamiesi elektros srovės galios formule, apskaičiuokite trūkstamus dydžius:

Eil. nr.	*U*	*I*	*P*
1	12 V	2 A	
2	220 V		60 W
3		10 mA	1,1 W
4	6 kV	15 A	
5	330 kV		990 kW
6			100 W

4. Pažiūrėkite, kokia yra namuose turimų elektrinių prietaisų galia, kokiai įtampai jie skirti (pagal prietaisų pasus). Apskaičiuokite jų varžą ir vartojamos srovės stiprį.

Eil. nr.	Prietaiso pavadinimas	*P*	*U*	*I*	*R*
1	Elektrinė viryklė				
2	Elektrinė laidynė				
3	Šaldytuvas				
4	Skalbimo mašina				
5	Televizorius				
6	...				

5. Duotos dvi elektros grandinės. Vieną iš jų sudaro 12 V įtampos šaltinis ir lemputė, kitą — toks pat šaltinis ir dvi tokios pat galios nuosekliai su juo sujungtos lemputės. Kurioje grandinėje ir kiek kartų kiekviena lempute tekančios elektros srovės galia yra didesnė?

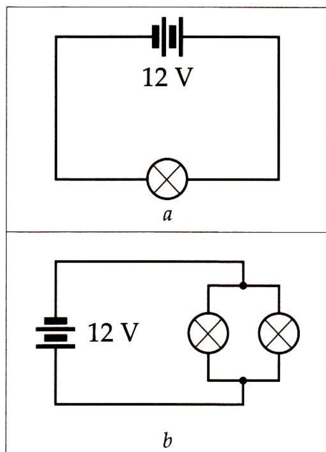
6. 7.3 paveiksle pavaizduotos dviejų grandinių schemos, kuriose įjungtos vienodos galios lemputės. Kurioje grandinėje ir kiek kartų kiekviena lempute tekančios elektros srovės galia yra didesnė?

7. 110 W galios lemputė įjungta į 220 V įtampos tinklą. Kokio stiprio srovė teka lempute?

8. Kokio didumo elektros krūvis turi pratekėti lempute, kad būtų atliktas 1 kWh darbas? Tinklo įtampa lygi 220 V.

9. Televizorius įjungtas į 220 V įtampos tinklą, kuriuo teka 0,5 A stiprio srovė. Per kiek laiko televizorius suvartoja 396 kWs energijos?

10. 60 W ir 100 W galios lempos įjungtos į vienodos įtampos tinklą. Kurios lempos didesnė varža?



7.3 pav.

7-asis laboratorinis darbas. **Elektros lempute tekančios srovės galios ir darbo apskaičiavimas**

Priemonės: 1) kišeninio žibintuvėlio baterija; 2) žemos įtampos lemputė su stoveliu; 3) ampermetras; 4) voltmetras; 5) laikrodis arba sekundmatis; 6) jungiklis; 7) jungiamieji laidai.

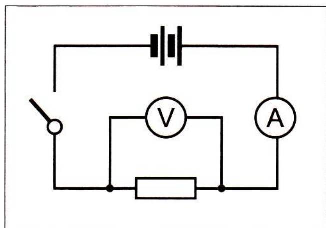
Darbo eiga

1. Remdamiesi 7.4 paveiksle pavaizduota schema, sujunkite elektros grandinę ir pagal laikrodį nustatykite srovės tekėjimo pradžią.

2. Užsirašykite voltmetro bei ampermetro rodmenis.

3. Apskaičiuokite lempute tekančios srovės galią ir palyginkite ją su lemputėje pažymėta galia.

7.4 pav.

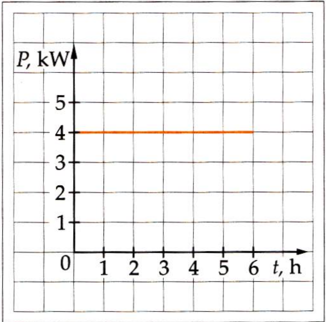


4. Išjunkite grandinę, užsirašykite, ką tuo metu rodo laikrodis, ir apskaičiuokite, kiek laiko tekėjo elektros srovė (jei naudojotės sekundmačiu, užsirašykite jo rodmenį).

5. Apskaičiuokite lempute pratekėjusios srovės atliktą darbą.

Užduotys

1. Pagal 7.5 paveiksle pavaizduotą grafiką apskaičiuokite, kokį darbą elektros srovė atliko per 2 h.

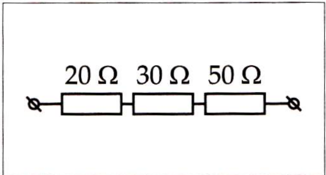


7.5 pav.

2. Viena iš dviejų vienodos galios lempučių apskaičiuota 110 V, kita — 220 V įtampai. Ar vienodo stiprio srovė tekės lemputėmis, įjungtomis į atitinkamos įtampos tinklą?

3. Kai elektrine krosnimi teka 50 A stiprio srovė, jos galia lygi 6 kW. Kokia yra krosnies gnybtų įtampa?

4. Kuriame iš 7.6 paveiksle pavaizduotų rezistorių, įjungtų į elektros grandinę, per tą patį srovės tekėjimo laiką išsiskirs daugiausia energijos?



7.6 pav.

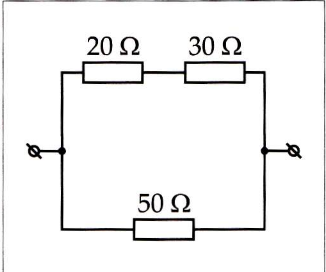
5. Mišriai sujungti rezistoriai (7.7 pav.) įjungiami į elektros grandinę. Kuriame iš jų per tą patį laiką išsiskirs daugiausia energijos?

6. Remdamiesi elektros srovės darbo ir galios sąryšiu, apskaičiuokite nežinomus dydžius:

Eil. nr.	P	t	A
1	1 W	1 s	
2	300 W	2 h	
3		0,5 h	5 kWh
4	5 kW		2 kWh
5		5 min	10 Wh
6	25 W		1500 Ws

Panaudodami kuriuos nors lentelės duomenis, sugalvokite uždavinį.

7.7 pav.



7. Srovės stiprio dviejuose lygiagrečiai sujungtuose imtuvuose santykis lygus 6 : 1. Koks yra šių imtuvų per tą patį laiko tarpą suvartotos elektros energijos santykis?

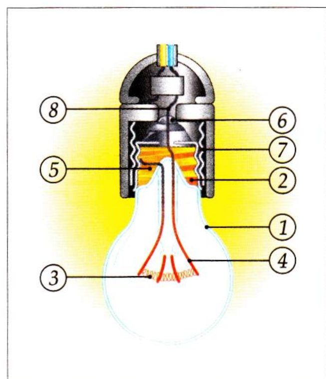
8. 12 Ω varžos laidininkas 10 min buvo įjungtas į 120 V įtampos tinklą. Kiek padidėjo jo vidinė energija? Tarkite, kad aplinka nebuvo šildoma.

9. Elektriniame arbatinuke 2 litrai 15 °C temperatūros vandens užverda per 10 min. Tinklo įtampa lygi 220 V. Kokio stiprio elektros srovė teka arbatinuko kaitinimo elementu? Nuostolių nepaisykite.

7.3. Paprasčiausi elektriniai prietaisai

Šiandien savo buityje naudojame daugybę elektrinių prietaisų: šaldytuvą, skalbimo mašiną, laidynę, televizorių ir pan., taigi turime išmanyti, kaip jie veikia, kokie procesai juose vyksta.

Susipažinkime su keletu paprasčiausių buityje naudojamų elektrinių prietaisų.



7.8 pav.

Kaitinamoji lempa

Tai elektrinis šviesos šaltinis, elektros energiją paverčiantis šviesos energija.

Kaĩtinamąją lémpą (7.8 pav.) sudaro stiklinė kolba *1* ir cokolis *2*. Kolboje įtaisytas svarbiausias lempos elementas — plona volframinė didelės varžos spiralė *3*, vadinama kaitinamuoju siūlu. Lempą įjungus į tinklą, siūlas įkaista iki 3000 °C (volframas sunkiai lydosi, jo lydymosi temperatūra yra 3387 °C). Kad volframas nesioksiduotų ir spiralė neperdegtų, iš kolbos išsiurbtas oras. Vis dėlto ir vakuume įkaitęs volframas palyginti greitai garuoja, spiralė plonėja ir perdega. Norint sulėtinti volframo garavimą, kai kurios lempos pripildomos azoto arba inertinių dujų, trukdančių volframo dalelėms išlėkti iš spiralės. Dėl to pailgėja lempos veikimo trukmė.

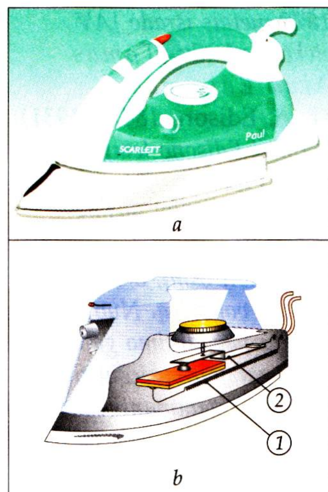
Volframinis siūlas pritvirtintas prie dviejų stikliniame laikiklyje įlydytų storesnių vielučių *4*. Viena vielutė prilituota prie metalinio cokolio sriegių *5*, kita — prie izoliuoto nuo sriegių cokolio pagrindo *6*.

Kaitinamoji lempa įsukama į lizdą su sriegiais *7*, prie kurių prijungtas vienas elektros tinklo laidas. Kitas tinklo laidas pritvirtintas prie vidinėje lizdo dalyje esančio spyruoklinio kontakto *8*.

Tvirtai įsukus lempą ir įjungus jungiklį, susidaro uždara grandinė, ja ima tekėti elektros srovė ir volframinis lempos siūlas įkaista iki švytėjimo.

Ant lempos cokolio arba kolbos nurodyta maitinimo įtampa voltais ir galia vatais. Kaitinamųjų lempų naudingumo koeficientas nedidelis — tik apie 2 % elektros energijos paverčiama šviesos energija. Bet kurios paskirties lempa normaliomis sąlygomis be perstojo gali degti apie 1000 h, t. y. apie 41 parą.

Šiluminis elektros srovės veikimas taikomas įvairiuose šildymo prietaisuose ir įrenginiuose: elektrinėse viryklėse, laidynėse, arbatinukuose, vandens šildymo spiralėse, suvirinimo aparatuose, grūdų džiovintuvuose, inkubatoriuose ir pan.



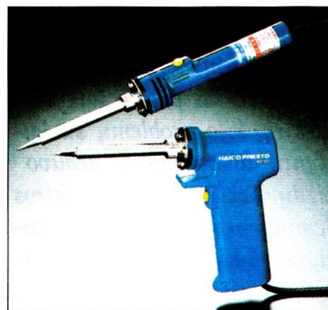
7.9 pav.

Laidynė

Vienas iš buityje plačiai naudojamų elektrinių prietaisų yra **laidỹnė**, arba **lygintùvas** (7.9 pav., *a*). Jį sudaro lygus metalinis padas (7.9 pav., *b*), kurio vidinės pusės grioveliuose yra kaitinimo elementas *1* — didelės varžos laidininkas. Elektros srovė įkaitina elementą, o šis — laidynės padą.

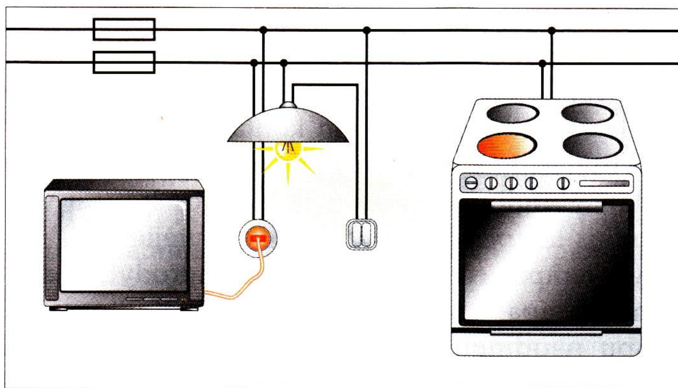
Kaitinimo elemento grandinėje yra bimetalinis reguliatorius 2 (prisiminkite, ką apie jį sužinojote VII klasėje, nagrinėdami kūnų šiluminio plėtimosi taikymą), kuris išjungia elektros srovę, kai elementas įkaista iki reikiamos temperatūros.

7.10 pav.



Elektrinis lituoklis

Montuodami elektros grandines, radijo imtuvų, televizorių meistrai atskiras grandinės dalis, detales dažnai jungia lituodami. Tam tikslui jie naudoja prietaisą, vadinamą **elektriniù lituokliù** (7.10 pav.). Jį sudaro varinis strypas, apgaubtas žėručio sluoksniu ir apvyniotas nichromine viela su metaliniu



7.11 pav.

apsauginiu apdangalu. Kiauravidurėje rankenoje yra laidai, kuriais į lituoklį atiteka elektros srovė.

Svarbiausia visų buitinių šildymo prietaisų detalė yra spirale susuktas kaitinimo elementas, kuris yra atsparus aukštesnei kaip 800 °C temperatūrai. Spiralės paprastai daromos iš nichromo — nikelio ir chromo lydinio, pakeliančio iki 1200 °C kaitrą.

Buityje naudojamų elektrinių prietaisų jungimo (lygiagrečiojo) principinė schema parodyta 7.11 paveiksle.

Tai įdomu !

• *Kaitinamąją elektros lempą su angliniu siūlu 1879 metais išrado JAV elektrotechnikas T o m a s A l v a E d i s o n a s* (T. A. Edison, *1847—1931). Pirmoji Edisono lempa degė tik tris dienas.*

• *1898—1908 metais elektros lempos siūlui bandyta naudoti osmį, o 1909 metais — volframą. Nuo šių metalų pavadinimo gavo vardą ir garsioji vokiečių firma „Osram", gaminanti elektros lempas. 1913 metais pasirodė azoto ir inertinių dujų pripildytos vadinamosios dujošvytės lempos.*

• *40 W galios elektros lempos spiralė, kurios ilgis 5,5 cm, yra susukta iš 70 cm ilgio vielos.*

• *Dabar kasmet pagaminama apie 7 milijardus įvairių kaitinamųjų elektros lempų.*

• *Pradėjus plačiai taikyti elektrą, kilo problemų su laidynių naudojimu — nebuvo lizdų. Tekdavo išsukti elektros lemputę ir į jos lizdą įsukti laidynės laidą su specialiu antgaliu.*

Užduotys ?

1. Dažnai sakome: „užsidegė lempa", „lempa dega". Ar iš tikrųjų lempos siūlas dega?

2. Kaip patikrinti, ar lempos bute įjungtos į elektros tinklą lygiagrečiai?

3. Pasižiūrėję į užrašus ant elektros lempos, apskaičiuokite jos varžą ir vartojamos srovės stiprį.

4. Kodėl elektrinės viryklės spiralė dažniausiai perdega ten, kur sujungti jau kartą nutrūkę jos galai?

5. Kodėl tose elektros grandinių vietose, kur prasti kontaktai, išsiskiria daug šilumos?

6. Kaip pasikeitė elektrinės viryklės galia, kai buvo šiek tiek sutrumpinta perdegusi spiralė?

7. Kodėl vandens šildymo spiralę pirma reikia įdėti į indą su vandeniu ir tik paskui jungti į tinklą?

8. Elektrinio lituoklio varža 500 Ω, įtampa 220 V. Kokio stiprio srovė teka lituokliu? Kokia yra lituoklio galia?

9. Virdulyje, kurio $\eta = 75\ \%$ ($U = 220$ V, $I = 5$ A), užvirinamas vanduo. Kiek vandens išgaruos, jei jis virs 2,5 min?

10. Kiek šilumos per 10 min išskirs 25 Ω varžos elektros lemputės spiralė, kuria teka 0,2 A stiprio srovė?

7.4. Saugikliai

Trumpasis jungimas

Elektros grandinė apskaičiuota tam tikram didžiausiam srovės stipriui. Jeigu ja pradeda tekėti stipresnė už leidžiamąją srovė, jungiamieji laidai gali labai smarkiai įkaisti ir užsidegti. Išsiaiškinkime, kokios gali būti tokio srovės sustiprėjimo priežastys ir kaip jų išvengti.

Srovės stipris grandinėje gali padidėti, kai susiliečia neizoliuoti jos laidai, kai grandinė taisoma neišjungta iš tinklo arba kai į ją įjungiami mažos varžos imtuvai. Visais šiais atvejais sakoma, kad įvyko **trumpàsis jungìmas**.

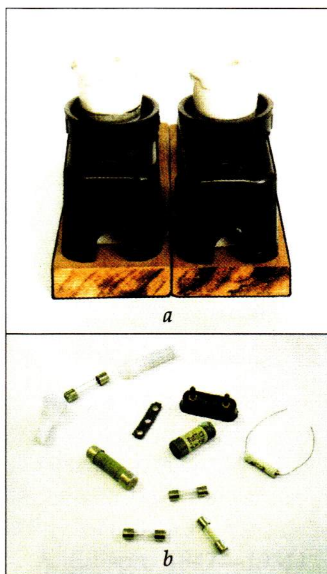
Trumpuoju jungimu vadinamas šaltinio polių sujungimas laidininku, kurio varža yra maža, palyginti su kitų grandinės dalių varža.

Srovė taip pat gali sustiprėti įjungus į grandinę imtuvus, kuriems maitinti reikia stipresnės srovės, t. y. perkrovus grandinę.

Norint išvengti neigiamų srovės sustiprėjimo padarinių, į tinklą jungiami **saugìkliai**. Jie automatiškai išjungia elektros grandinę, kai srovės stipris joje pasidaro didesnis už leidžiamąjį.

Lydieji saugikliai

Saugikliai būna įvairių konstrukcijų. Butuose daug kur naudojami kamštiniai saugikliai su lydžiu laidininku, todėl jie vadinami **lydžiaĩsiais saugìk-**



7.12 pav.

liais (7.12 pav., *a*). Svarbiausia tokio saugiklio dalis yra labai lydi metalinė, paprastai švininė, vielutė, įtaisyta porcelianinio kamščio viduje. Kamštis turi sriegius ir centrinį kontaktą, kurie sujungti lydžia vielute. Įsukus kamštį, lydi švininė vielutė sudaro grandinės dalį. Vielutės storis parenkamas toks, kad ji išlaikytų tam tikro stiprio srovę, pavyzdžiui, 6 A, 10 A. Kai grandine, taigi ir vielute, pradeda tekėti stipresnė srovė, vielutė išsilydo (sakome „saugiklis perdega") ir išjungia grandinę.

Saugikliai išdėstomi ant specialaus skydo, įrengto prie laidų įvado į butą. Kiekvienas laidas turi nuosekliai su juo sujungtą atskirą saugiklį.

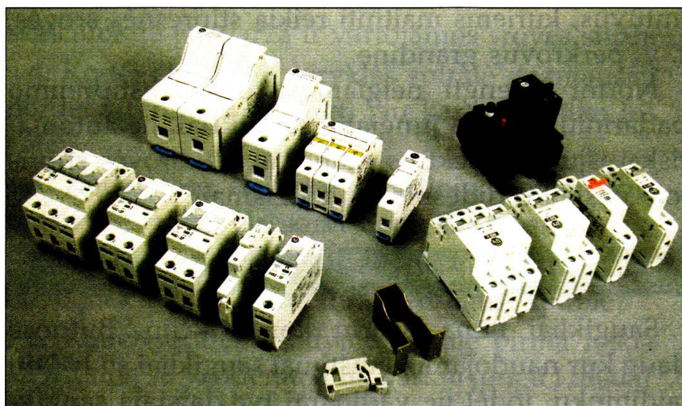
Lydieji saugikliai kartais įrengiami ir elektriniuose prietaisuose: radijo imtuvuose, televizoriuose. Tokį saugiklį sudaro plonas laidininkas, įtaisytas stikliniame vamzdelyje su metaliniais antgaliais (7.12 pav., *b*).

Automatiniai saugikliai

Butuose dabar vietoj lydžiųjų saugiklių dažniau įrengiami **automãtiniai saugìkliai**. Keletas jų pavaizduota 7.13 paveiksle.

Svarbiausia tokio saugiklio detalė yra bimetalinė plokštelė. Kai grandine, vadinasi, ir plokštele, pradeda tekėti per stipri srovė, pavyzdžiui, kai į elektros tinklą įjungiamas didelės galios elektros prietaisas arba vienu metu įjungiama daug prietaisų,

7.13 pav.



saugiklio plokštelė išlinksta ir nutraukia grandinę. Pašalinus trumpąjį jungimą arba grandinės perkrovą, automatinį saugiklį galima vėl naudoti. Tuo tarpu perdegusį lydųjį saugiklį reikia pakeisti nauju (vietoj saugiklio jokiu būdu negalima dėti storos vielos, vinies ir pan.).

Elektrinėse schemose saugikliai žymimi ženklu —▭— (žr. lentelę p. 88 ir 7.11 paveikslą p. 154).

Užduotys

1. Kodėl vietoj perdegusio saugiklio negalima naudoti vinies arba storos vielos?

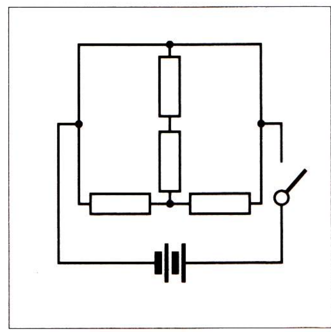
2. Kaip saugikliai jungiami į grandinę: nuosekliai ar lygiagrečiai?

3. 7.14 paveiksle pavaizduota keturių rezistorių jungimo schema. Kas atsitiks sujungus grandinę pagal šią schemą?

4. Kuriose 7.15 paveiksle pateiktose grandinių schemose padaryta klaidų, dėl kurių gali įvykti trumpasis jungimas?

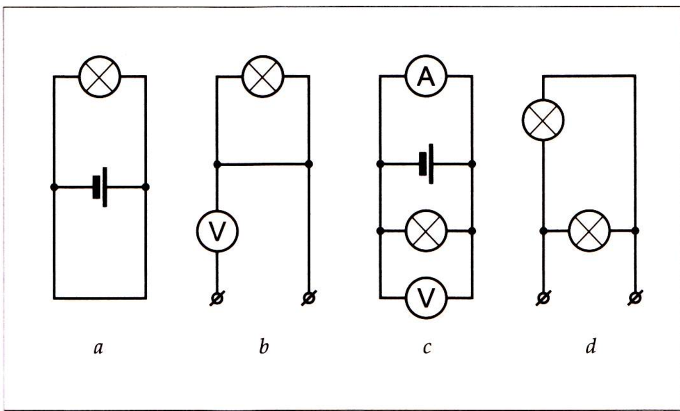
5. Kodėl lydžiuosiuose saugikliuose dažniausiai naudojama švininė vielutė?

6. Kamštiniai saugikliai būna apskaičiuoti 6 A ir 10 A stiprio srovei. Koks saugiklis turėtų būti buto elektros tinkle, kad vienu metu galėtume įjungti visus elektrinius prietaisus?



7.14 pav.

7.15 pav.



7. Ant lydžiojo saugiklio parašyta, kad jis numatytas didžiausiai 6 A stiprio srovei. Kokia gali būti didžiausia bendra visų buto elektros energijos imtuvų galia? Tinklo įtampa 220 V.

8. Prie elektros tinklo įvado yra 3 A stiprio srovei numatyti saugikliai. Tinklas tvarkingas, trumpojo jungimo nebuvo. Tačiau saugiklis perdegė. Kurias lempas įjungus taip atsitiko (7.16 pav.)?

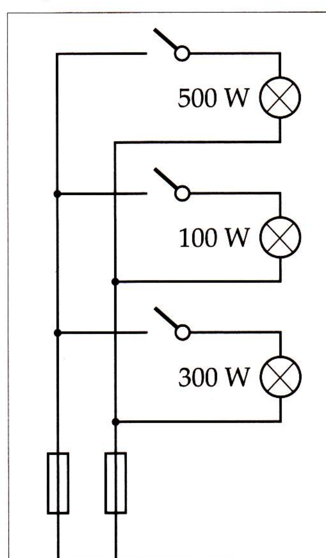
9. Kai televizorius jungiamas į 220 V įtampos tinklą, į jį įstatomas lydusis saugiklis, numatytas 3 A stiprio srovei, o kai elektros tinklo įtampa yra 110—127 V, naudojamas 5 A srovei skirtas saugiklis. Kodėl?

10. 7.17 paveiksle pavaizduota automatinio saugiklio struktūrinė schema. Paaiškinkite jos veikimo principą.

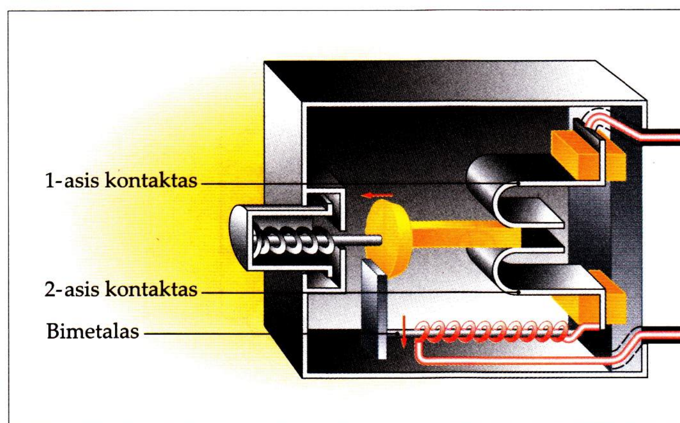
11. Kišeninio žibintuvėlio baterija 4,5 V lemputei tiekia 0,2 A srovę. Kokia yra tos srovės galia? Baterija visiškai išsikrauna, kai lemputė dega 8 h. Kiek per tą laiką išsiskiria energijos? Keliais laipsniais ši energija pakeltų 10 l vandens temperatūrą?

12. Kokia turi būti elektrinio šildytuvo galia, kad per 30 min jis sušildytų 3,6 kg vandens nuo 10 °C iki 100 °C? Šildytuvo naudingumo koeficientas lygus 60 %.

7.16 pav.



7.17 pav.



7.5. Elektros srovės poveikis žmogaus organizmui

„Molėtų raj. Joniškio miestelyje žaibas namuose nutrenkė mokytoją." „Maudydamasis vonioje, žiūrėjo televizorių ir nuo elektros srovės žuvo vilnietis." Tokie pranešimai ne taip jau retai pasirodo spaudoje.

Ką reikia žinoti apie elektros srovės poveikį žmogui?

Žmogaus kūnas yra elektros laidininkas, nors elektros srovę praleidžia daug blogiau nei metalai. Žmogaus elektrinė varža priklauso nuo jo organizmo savybių ir būsenos. Pateikiame vidutines varžos vertes, išmatuotas tarp viršutinių ir apatinių galūnių:

ranka — ranka	apie 650 Ω,
ranka — koja	apie 1300 Ω,
ranka — kojos	apie 975 Ω,
rankos — kojos	apie 650 Ω.

Jei žmogus atsiduria elektros grandinėje, srovės poveikis jam priklauso nuo:

- įtampos ir srovės stiprio,
- srovės tekėjimo laiko,
- odos būsenos,
- aplinkos daiktų, kuriuos liečia žmogus.

Įvairaus stiprio elektros srovės poveikis žmogui, kai įtampa lygi 220 V

Srovės stipris	Poveikis žmogui, kai srovė teka 1 s
Iki 0,5 mA	Tokios srovės žmogus nejaučia, ji nekenksminga.
0,5 mA—20 mA	Kai teka apie 3 mA stiprio srovė, jaučiamas „niežėjimas" delnuose ir riešuose. Stiprėjant srovei, atsiranda skausmingi traukuliai. Tiesioginio žalingo poveikio nėra. Išsigandus galima padaryti neapgalvotų judesių ir pakenkti sau bei kitiems.

20 mA—50 mA	Traukuliai labai sustiprėja. Jei rankose laikomas sugedęs prietaisas, jis tarsi prilimpa prie jų. Stiprėjant srovei, sutrinka širdies veikla ir žmogus netenka sąmonės.
Didesnis nei 50 mA	Tokios srovės paveiktas žmogus gali mirti. Sutrinka širdies raumenų veikla, smegenys nebeaprūpinamos deguonimi. Dėl to netenkama sąmonės, sustoja kvėpavimas.

Kai žmogus patenka į elektros grandinę, svarbu, kokia yra batų ir grindų varža. 220 V ir aukštesnė įtampa ypač pavojinga basam rūsyje stovint ant betoninių grindų. Mažiau pavojinga stovėti ant medinių grindų.

Daug kas priklauso ir nuo odos — sausa ji ar drėgna, koks jos lietimosi su elektros grandine plotas. Įvykus nelaimingam atsitikimui, sąlyčio vietoje oda apdega, dėl to varža sumažėja.

Jei elektros srovė tiesiogiai paveikia širdį ar galvą, pasekmės būna daug liūdnesnės, negu srovei pratekėjus vienos rankos raumenimis ar jungiamaisiais audiniais.

Labai pavojinga nusideginti ir elektros kibirkštimi — į odą patenka išlydyto kontaktų metalo, todėl žaizdos sunkiai gyja.

Patarimai

- Perkūnijos metu niekada nestovėkite po aukštais medžiais, nevažiuokite dviračiu, nesimaudykite upėje ar ežere, neplaukiokite valtimi, venkite iškilių vietų, uždarykite buto langus.
- Nuo žaibo saugo metalinis automobilis, žema vietovė.
- Jei norite išgelbėti į elektros grandinę patekusį žmogų, jo nelieskite, pirmiausia išjunkite grandinę jungikliu ar saugikliais.
- Viena ranka laikydami įjungtą elektrinį prietaisą, tuo pat metu kita nelieskite vandentiekio čiaupo, centrinio šildymo sistemos vamzdžių.
- Nejunkite prietaisų, jei pažeista jungiamųjų laidų izoliacija.
- Vonioje nedžiovinkite plaukų elektriniu džiovintuvu, nejunkite televizoriaus ar radijo imtuvo.

- Neplaukite vandeniu prie elektros srovės šaltinio prijungtų elektrinių prietaisų.
- Netraukite iš elektros lizdo kištukų už laido.
- Valydami bute lemputes ar šviestuvus, išjunkite saugiklius.
- Jei bute yra mažų vaikų, lizdus uždenkite apsauginiais skydeliais.
- Stovėdami basi ant plikos žemės arba cementinių grindų, nesinaudokite elektriniais prietaisais.
- Nelieskite kur nors nukarusių laidų.
- Elektrinius prietaisus turi taisyti tik specialistai.
- Apie nukarusius elektros laidus praneškite elektrikams.

Užduotys ??

1. Ommetru išmatuokite žmogaus kūno varžą.

2. Kodėl kai kurių elektrinių prietaisų kištukų kontaktų dalis yra padengta plastiku?

3. Kodėl sausos odos varža didesnė negu šlapios?

4. Kodėl elektros lizdų negalima įrengti dušuose, vonios kambaryje?

5. Kokio stiprio elektros srovė tekėtų žmogaus organizmu, jei jis atsidurtų 220 V įtampos grandinėje? Žmogaus varža lygi 660 Ω.

6. 7.18 paveiksle parodytas 1778 metais Paryžiuje populiarus skėtis su perkūnsargiu. Ar patikimi tokie perkūnsargiai?

7.18 pav.



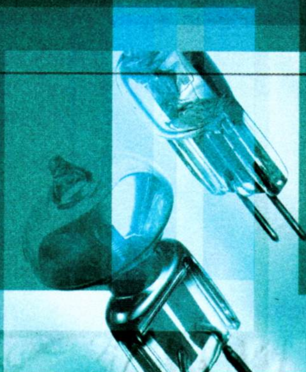
Skyriaus „Elektros srovės darbas ir galia“ santrauka

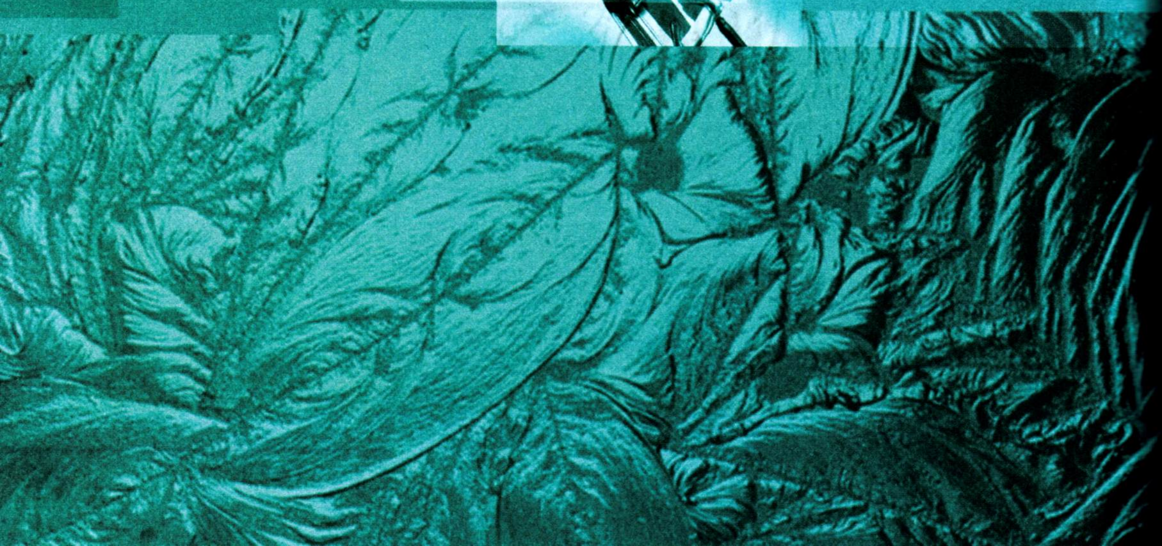
Elektros srovės darbas $A = UIt$ $A = Pt$ $[A] = 1 \cdot V \cdot A \cdot s = 1\ J =$ $= 1\ Ws$	Elektros srovės darbas grandinės dalyje lygus tos dalies galų įtampai, padaugintai iš srovės stiprio ir jos tekėjimo laiko.
Šilumos kiekis $Q = I^2Rt$ (1) $Q = \frac{U^2}{R}t$ (2) $[Q] = 1\ J$	Laidininko, kuriuo teka elektros srovė, išskiriamos šilumos kiekis priklauso nuo jo varžos, srovės stiprio, įtampos ir srovės tekėjimo laiko. Apskaičiuojant šilumos kiekį, išsiskyrusį nuoseklios grandinės dalyje, patogiau taikyti (1) formulę (nes srovės stipris visoje grandinėje yra vienodas). Apskaičiuojant šilumos kiekį, išsiskyrusį lygiagrečiosios grandinės dalyje, patogiau taikyti (2) formulę.
Elektros srovės galia $P = UI$ $[P] = 1\ V \cdot A = 1\ W =$ $= 1\ J/s$	Elektros srovės galia lygi įtampos ir srovės stiprio sandaugai.

Paprasčiausi elektriniai prietaisai	• Kaitinamoji lempa • Laidynė, arba lygintuvas • Lituoklis • Vandens šildymo spiralė
Trumpasis jungimas	Trumpuoju jungimu vadinamas šaltinio polių sujungimas laidininku, kurio varža yra maža, palyginti su kitų grandinės dalių varža.
Saugikliai	Saugikliai schemose žymimi —▭—. Saugiklių rūšys: • lydieji saugikliai, • automatiniai saugikliai.

Elektra







8

Elektros srovė įvairiose terpėse

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- įvairių rūšių medžiagomis: elektrolitais, puslaidininkiais, plazma;
- elektros srove skysčiuose, dujose, vakuume, puslaidininkiuose;
- elektrolizės reiškiniu;
- elektros išlydžiu: nesavaiminiu, savaiminiu, kibirkštiniu;
- termoelektroninės emisijos sąvoka;
- puslaidininkių laidumu: elektroniniu, skyliniu;
- puslaidininkių sandūra;
- prietaisais: vakuuminiu diodu, vakuuminiu triodu, puslaidininkiniu diodu.

8.1. Elektros srovė skysčiuose

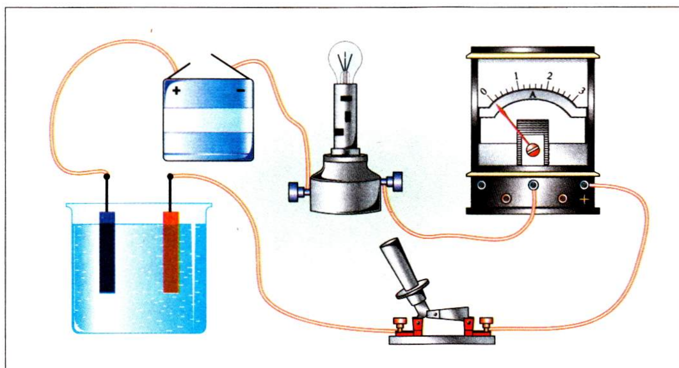
Elektrolitai

VII klasėje kalbėdami apie elektros laidininkus ir izoliatorius, prie gerų laidininkų priskyrėme metalus, grafitą, druskų ir rūgščių tirpalus, o prie izoliatorių — orą, stiklą, gumą, sausą medį, distiliuotą vandenį ir pan. Taigi elektros srovė gali tekėti ne tik metalais, bet ir tam tikromis sąlygomis skysčiais. Juk būtent dėl galimo srovės tekėjimo vandeniu rekomenduojama paisyti 7.5 skyrelyje išvardytų patarimų.

Išnagrinėkime, kaip elektros srovė teka skysčiais.

1 bandymas. Sujunkime grandinę, susidedančią iš srovės šaltinio, stiklinio indo su dviem elektrodais (metalinėmis plokštelėmis arba anglies strypeliais), lemputės, ampermetro, jungiklio bei jungiamųjų laidų (8.1 pav.). Į stiklinį indą įpilkime distiliuoto vandens ir įjunkime jungiklį. Lemputė nedega, vadinasi, elektros srovė grandine neteka. Distiliuotas vanduo, kaip žinome, yra nelaidus srovei. Į vandenį įberkime žiupsnelį valgomosios druskos. Lemputė netrukus įsižiebia — grandine ima tekėti srovė. Vadinasi, tirpale atsirado judriųjų krūvininkų. Kas jie?

Bandymą galime pakartoti, į distiliuotą vandenį įbėrę cukraus bei įpylę rūgšties arba šarmo tirpalo. Matysime, kad cukraus tirpalas srovės nepraleidžia,



8.1 pav.

tuo tarpu druskos, rūgšties ar šarmo tirpalas praleidžia (panašius bandymus tikriausiai matėte arba darėte ir mokydamiesi chemijos).

2 bandymas. Pakartokime pirmąjį bandymą, kaip elektrodus naudodami vario plokšteles ar anglies strypelius ir į indą įpylę vario (II) sulfato $CuSO_4$ tirpalo. Įjungus jungiklį, vario (II) sulfato tirpalu ims tekėti srovė (lemputė užsidegs), ir po kurio laiko pastebėsime, kad su neigiamuoju šaltinio poliumi sujungtas elektrodas pasidengė variu, išsiskyrusiu iš inde esančio tirpalo.

Taigi galime teigti, jog $CuSO_4$ tirpale buvo judriųjų elektringųjų dalelių. Tos dalelės — tai netvarkingai judantys teigiamieji ir neigiamieji ištirpusios medžiagos jonai.

Medžiagos, kurių vandeniniai tirpalai arba lydalai praleidžia elektros srovę, vadinamos **elektrolìtais** (*elektro* — pirmoji sudurtinių žodžių dalis, rodanti jų sąsają su elektra + gr. *lytos* — ištirpęs), o tirpinamų junginių skaidymasis į jonus — **elektrolìtine disociãcija** (lot. *dissociatio* — atskyrimas, suskaldymas). Vandeniniuose elektrolitų tirpaluose arba lydaluose krūvininkai yra teigiamieji ir neigiamieji jonai, todėl tokių medžiagų laidumas vadinamas joniniu.

Veikiami srovės šaltinio sukurto elektrinio lauko (tai vyko ir čia aprašytų bandymų metu), krūvininkai ėmė judėti kryptingai: teigiamieji jonai — neigiamojo elektrodo link, neigiamieji jonai — teigiamojo elektrodo link. Šie jonų srautai ir sudarė elektros srovę. Pasiekę atitinkamus elektrodus, jonai atidavė jiems perteklinius elektronus arba prisijungė trūkstamų, virto neutraliais atomais arba molekulėmis ir nusėdo ant elektrodų. Vadinasi, **elektros srovė elektrolitų tirpaluose yra kryptingas teigiamųjų ir neigiamųjų jonų judėjimas.**

Elektrolizė

Medžiagos išsiskyrimas ant elektrodų, tekant elektros srovei elektrolitų tirpalais ar lydalais, vadinamas **elektrolizè** (*elektro* — sudurtinių žodžių dalis, rodanti sąsają su elektra + gr. *lysis* — suirimas, atskyrimas).

Elektrolìzė plačiai taikoma pramonėje. Elektrolizės būdu vienus metalus galima padengti plonu kitų metalų sluoksniu ir apsaugoti nuo korozijos. Tuo pagrįstas gaminių nikeliavimas, variavimas, chromavimas ir pan. Leidžiant elektros srovę kai kurių metalų druskų lydalais, pavyksta išskirti labai grynus metalus. Taip gaunami metalai, kuriuos kitais būdais gauti nepaprastai sunku, pavyzdžiui, aliuminis, varis.

1833 metais anglų mokslininkas Maiklas Faradėjus aptiko ryšį tarp pratekėjusios elektros srovės ir elektrolizės metu ant elektrodo išsiskyrusios medžiagos kiekio, vadinamą Faradėjaus **elektrolìzės désniu**. Jis teigia, kad

ant elektrodo išsiskyrusios medžiagos masė *m* yra tiesiogiai proporcinga elektros srovės stipriui *I*, jos tekėjimo laikui *t* ir priklauso nuo medžiagos rūšies,

t. y.

$$m = kIt;$$

čia k — proporcingumo koeficientas, vadinamas **elektrochèminiu mẽdžiagos ekvivalentù** ir reiškiamas *kilogrãmais kulònui*. Įvairių medžiagų jis yra skirtingas, pavyzdžiui, vario — $0{,}329 \cdot 10^{-6}$ kg/C, sidabro — $1{,}118 \cdot 10^{-6}$ kg/C.

Atsižvelgę į tai, kad $It = q$, elektrolizės dėsnį galime užrašyti taip:

$$m = kq.$$

Taigi **ant elektrodo išsiskyrusios medžiagos masė yra tiesiogiai proporcinga pratekėjusiam elektros krūviui.**

Iš paskutiniosios formulės matyti: kai elektrolitu prateka 1 C elektros krūvis, elektrocheminio medžiagos ekvivalento skaitinė vertė lygi ant elektrodo išsiskyrusios medžiagos masei.

Užduotys

1. Kokių sąlygų reikia, kad elektrolitų tirpalais tekėtų elektros srovė?

2. Kodėl neizoliuotus elektros laidus pavojingiau liesti drėgnomis rankomis nei sausomis?

3. Ant kurio elektrodo (8.2 pav.) elektrolizės metu išsiskiria varis? Kodėl?

4. Varinė plokštelė padengta vašku, kuriame išraižytas piešinys. Kas įvyks, jei šią plokštelę naudosime kaip neigiamąjį elektrodą, įstatytą į vonią su vario sulfato tirpalu, kuriuo teka elektros srovė?

5. Elektros srovei tekant vario sulfato tirpalu, ant neigiamojo elektrodo nusėda varis. Kaip pakis šį elektrodą padengusio vario masė, jei srovės stiprį padidinsime 4 kartus, o jos tekėjimo laiką sutrumpinsime perpus?

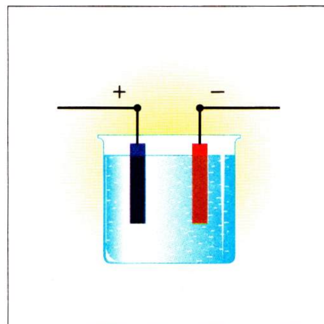
6. Vario sulfato tirpalu pratekėjo 30 C elektros krūvis. Apskaičiuokite ant elektrodo išsiskyrusio vario masę. Elektrocheminis vario ekvivalentas $k = 0{,}329 \cdot 10^{-6}$ kg/C.

7. Varinė detalė dengiama plonu nikelio sluoksniu. Tam tikslui $NiCl_2$ druskos tirpalu 0,5 h leidžiama 1 A stiprio elektros srovė. Kiek nikelio per tą laiką nusėda ant detalės? Elektrocheminis nikelio ekvivalentas yra $0{,}3 \cdot 10^{-6}$ kg/C.

8. Vykstant sidabro nitrato elektrolizei, ant neigiamojo elektrodo per 1 h išsiskyrė $9{,}4 \cdot 10^{-3}$ kg sidabro. Kokio didumo elektros krūvis pratekėjo elektrolitu? Elektrocheminis sidabro ekvivalentas yra $1{,}118 \cdot 10^{-6}$ kg/C.

9. Iš vario sulfato tirpalo elektrolizės metu per 1 h išsiskyrė 20 g vario. Kokio stiprio srovė tekėjo elektrolitu? Elektrocheminis vario ekvivalentas yra $0{,}33 \cdot 10^{-6}$ kg/C.

10. Elektrolizės vonioje, kuria 10 min tekėjo 5 A stiprio srovė, išsiskyrė 1,02 g cinko. Apskaičiuokite elektrocheminį cinko ekvivalentą.



8.2 pav.

8.2. Elektros srovė dujose

Nesavaiminis elektros išlydis

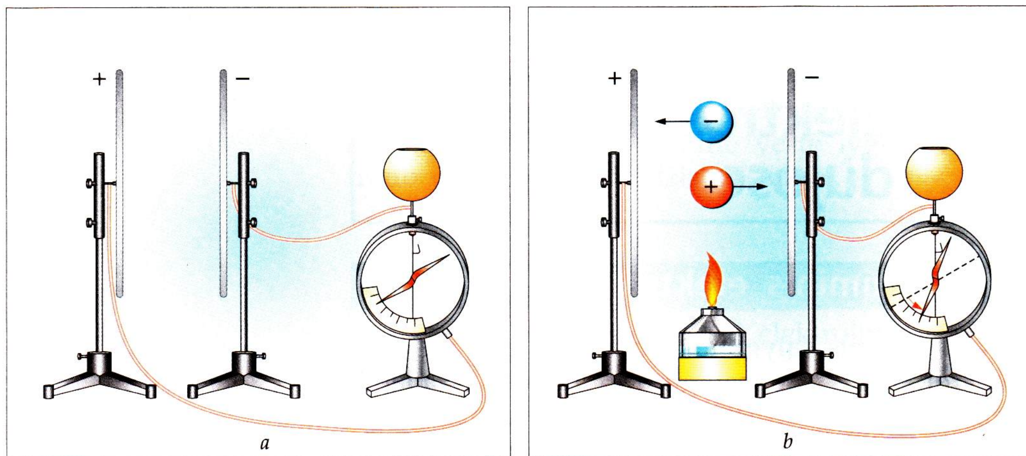
Normaliomis sąlygomis dujos yra geri elektros izoliatoriai, nes jose, palyginti su metalais, yra labai mažai judrių elektringųjų dalelių. Pavyzdžiui, viename kubiniame centimetre metalų paprastai būna

iki 10^{23} laisvųjų elektronų, tuo tarpu tokio pat tūrio erdvės dalį užimančiose dujose — tik 10^{9} elektringųjų dalelių (jonų, laisvųjų elektronų). Izoliacinėmis dujų savybėmis galime įsitikinti kasdien, jungikliu įjungdami ar išjungdami elektrinius prietaisus: kai metalinė jungiklio dalis uždaro grandinę, lemputė kambaryje užsidega, o kai jungiklis išjungiamas, t. y. kai grandinėje atsiranda oro (azoto, deguonies ir kitų dujų mišinio) tarpas, užgęsta.

Bandymas. Dvi gerai izoliuotas metalines plokšteles sujunkime su elektrometru: vieną plokštelę — su rodykle, kitą — su korpusu (8.3 pav.). Laisvus abiejų plokštelių galus prijunkime prie srovės šaltinio polių. Viena plokštelė įsielektrins teigiamai, kita — neigiamai, o elektrometro rodyklė pasisuks. Kurį laiką ją stebėkime. Matysime, kad rodyklė nejuda ir rodo įtampą tarp plokštelių. Išsielektrinti joms neleidžia tarp plokštelių esantis oro tarpas. Nors čia ir atsiranda elektrinis laukas, tačiau nėra judrių elektringųjų dalelių, galinčių sudaryti srovę. Į erdvę tarp plokštelių įneškime degančią žvakę ar spiritinę lemputę. Elektrometro rodyklė ima krypti žemyn. Tai rodo, kad tarp plokštelių atsirado krūvininkų ir pratekėjo elektros srovė — įkaitintos dujos pasidarė laidžios.

Elektros srovės tekėjimas dujomis vadinamas **elèktros ìšlydžiu**.

8.3 pav.



Kas yra tie atsiradę krūvininkai? Kodėl jie atsirado? Stebimą reiškinį galima paaiškinti taip. Įprastomis sąlygomis dujinė medžiaga dažniausiai yra elektros izoliatorius, nes ją sudaro elektriškai neutralios molekulės ir atomai, todėl srovė tarp plokštelių neteka. Pakaitinus oro tarpą žvakės ar spiritinės lemputės liepsna, dalis dujų (oro) molekulių ar atomų virsta jonais. Nuo liepsnos įkaitusių dujų molekulės arba atomai papildomai įgyja tiek energijos, kad susidurdami išmuša elektronus. Dėl to dujose atsiranda laisvųjų elektronų ir teigiamųjų jonų. Dalis laisvųjų elektronų prisijungia prie neutralių atomų, sudarydami neigiamuosius jonus. Toks procesas vadinamas **dùjų jonizãcija**. Atliekant šį bandymą, liepsna buvo jonų atsiradimo priežastis, t. y. dujų jonizatorius.

Liepsnai veikiant, erdvėje tarp plokštelių atsirado teigiamųjų ir neigiamųjų jonų bei laisvųjų elektronų. Šie krūvininkai, elektrinio lauko veikiami, pradėjo judėti kryptingai ir, pasiekę plokšteles, atidavė joms perteklinius elektronus arba prisijungė trūkstamų. Plokštelės dėl to išsielektrino — trumpai tekėjo elektros srovė.

Taigi **elektros srovė dujose yra kryptingas teigiamųjų bei neigiamųjų jonų ir elektronų judėjimas.**

Elektros srovės tekėjimas dujomis tiktai dėl kokio nors išorinio poveikio (jonizatoriaus) vadinamas **nesaváiminiu elèktros ìšlydžiu**. Jonizatoriumi gali būti ne vien žvakės liepsna, bet ir įvairūs spinduliai: regimoji šviesa, ultravioletiniai ar rentgeno spinduliai.

Savaiminis elektros išlydis

Stiprinant elektrinį lauką, elektros srovė dujose gali atsirasti ir tada, kai neveikia jonizatorius. Išlydis, vykstantis be jonizatoriaus, vadinamas **saváiminiu elèktros ìšlydžiu**. Jo metu dujos jonizuojamos, jų molekulėms arba atomams susiduriant su laisvaisiais elektronais. Tokia jonizacija vadinama **smū̃gine**. Laisvasis elektronas, veikiamas elektrinio lauko, įgyja didelį pagreitį ir daug kinetinės energijos. Jei elektrinis laukas pakankamai stiprus, tai laisvojo elektrono įgytos kinetinės energijos pakanka dujų molekulei jonizuoti.

Elektronas, jonizavęs molekulę, ir išlaisvintasis elektronas, elektrinio lauko veikiami, įgyja pagreitį ir atitinkamą greitį. Kiekvienas jų, susidūręs su kita molekule, iš jos išlaisvina dar po vieną elektroną ir t. t. Laisvųjų elektronų skaičius ima didėti tarsi griūtis. Visi jie juda teigiamojo elektrodo link. Jonizacijos metu atsiradusius teigiamuosius jonus elektrinis laukas verčia judėti neigiamojo elektrodo link. Susidūrę su šiuo elektrodu, teigiamieji jonai gali išmušti iš jo naujus elektronus, ir procesas toliau vyksta nenutrūkstamai.

Plazma

Tyrinėdami elektros išlydį, susidūrėme su jonizuotomis dujomis. Tokios iš dalies arba visiškai jonizuotos dujos vadinamos **plazmà** (gr. *plasma* — lipdinys, darinys). Ją sudarančių teigiamųjų ir neigiamųjų krūvininkų tankis praktiškai yra vienodas. Visiškai jonizuotose dujose neutralių atomų nėra. Tai reiškia, kad plazmà yra elektriškai neutrali.

Plazmos būsena dažnai vadinama ketvirtąja (greta kietosios, skystosios ir dujinės) agregatine medžiagos būsena. Plazmos būsenos yra beveik visa Visatos medžiaga: Saulė, žvaigždės, tarpžvaigždinės dujos, Žemės jonosfera ir kt.

Kibirkštinis išlydis

Srovės šaltinio ilgesnį laiką nepalaikomas savaiminis išlydis vadinamas **kibirkštiniù**. Kibirkštis — tai plonytė smarkiai jonizuotų dujų gija, kuria dėl mažos elektrinės varžos teka labai stipri elektros srovė. Kibirkšties gijose dujos įkaista iki nepaprastai aukštos temperatūros ir ima ryškiai šviesti. Dujoms kaistant, staiga padidėja slėgis, kuris sukelia būdingą garsą. Toks traškesys girdimas šokant kibirkščiai tarp elektrostatinės mašinos rutuliukų, šukuojant plaukus, nusivelkant sintetinius drabužius ir kt.

Gamtoje matome milžiniškus kibirkštinius išlydžius — žaibus. Įtampa tarp žemės ir debesies tuo

Tai įdomu !!

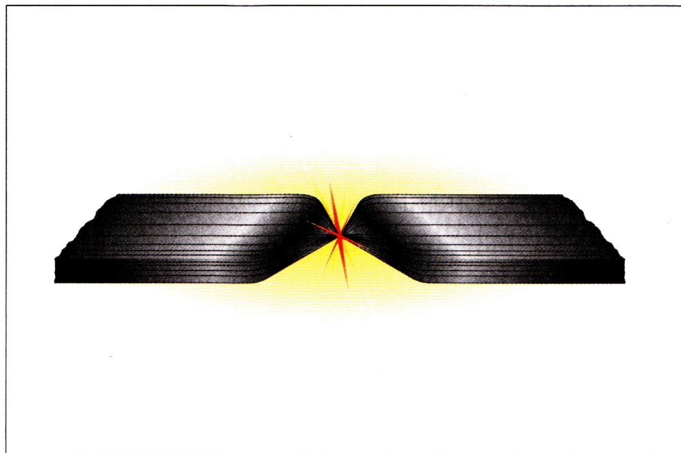
- *Plazmos terminą 1923 metais pradėjo vartoti amerikiečių fizikai Irvingas Lengmiūras* (I. Langmuir) *ir L. Tonksas.*
- *Gamtinė plazma iš tiesų sudaro net 99,9 % Visatos masės. Žemėje dėl didelio medžiagos tankio ir žemos temperatūros gamtinės plazmos beveik nėra ir ji sukuriama tik dirbtiniais būdais.*
- *Plazma plačiai taikoma technikoje: metalams pjauti ir suvirinti, metalinėms dangoms gauti, cheminėms reakcijoms spartinti.*
- *Įvairiomis spalvomis plazma švyti reklaminių iškabų vamzdeliuose.*
- *Plazma naudojama dujiniuose lazeriuose — galinguose šviesos šaltiniuose.*
- *Kibirkštinis išlydis gali būti ne tik žalingas, bet ir naudingas. Kibirkštimi galima pramušti labai mažas skylutes stikle, plastike ir kitose medžiagose, išgręžti sudėtingas angas metaluose, uždegti oro ir benzino mišinį automobilio vidaus degimo variklyje.*

metu siekia šimtus milijonų voltų, o kibirkšties gija tekančios srovės stipris — 10 000—20 000 A. Žaibo trukmė — kelios dešimtys mikrosekundžių. Žaibo linija vingiuota yra dėl to, kad išlydis vyksta laidžiausiomis oro sritimis, kurios susidaro atsitiktinai. Griaustinį sukelia staiga padidėjęs slėgis žaibo gijoje. Žaibavimas su griaustiniu vadinamas perkūnija.

Elektros lankas

Aptarkime dar vieną praktiniu požiūriu svarbų savaiminį dujinį išlydį, vadinamą **elèktros lankù**, arba **Vòltos lankù**. Lankui gauti naudojami du angliniai strypeliai (elektrodai), kurių galai įtaisomi arti vienas kito. Strypeliai (8.4 pav.) sudaro elektros grandinės dalį. Strypelius trumpam suglaudus, grandinė susijungia. Kontakto vietoje elektrinė varža yra labai didelė ir, tekant srovei, strypelių galai smarkiai įkaista. Strypelius pamažu tolinant vieną nuo kito, tarp jų esančiame įkaitusiame ore įvyksta smūginė jonizacija ir griūtinis dujinis išlydis. Jis yra lanko formos ir skleidžia akinamą šviesą. Neigiamojo elektrodo temperatūra siekia apie 4000 °C. Atmosferos slėgio dujų varža maža, todėl lankinis išlydis galimas ir tada, kai įtampa tarp elektrodų yra žema (40—50 V).

8.4 pav.



Tai įdomu !!

- *Elektros lanką 1802 metais pirmasis gavo rusų mokslininkas Vasilijus Petrovas, nors ilgą laiką šis jo atradimas buvo priskiriamas anglų fizikui bei chemikui Hamfriui Deiviui* (H. Davy), *stebėjusiam lanką tik 1809 metais.*
- *Elektros lankas naudojamas metalams lydyti lankinėse krosnyse, metalams pjauti ir suvirinti, šviesai gauti prožektoriuose, švyturiuose ir kt.*

Užduotys

1. Kas yra krūvininkai dujose?
2. Kokiomis sąlygomis dujose vyksta nesavaiminis išlydis?
3. Kokiomis sąlygomis dujose vyksta savaiminis išlydis?
4. Kokiomis sąlygomis nesavaiminis išlydis tampa savaiminiu?
5. Ar galima žaibu įkrauti akumuliatorių?
6. Kodėl vidaus degimo variklio žvakės maitinamos aukšta įtampa (net iki 20 000 V)?
7. Sausame ore kibirkštis 1 cm atstumą peršoka, kai įtampa yra apie 30 000 V. Kokio didumo įtampa susidaro tarp elektrostatinės mašinos rutuliukų, jei kibirkštis dar šoka, kai atstumas tarp jų lygus 5 cm?

8.3. Elektros srovė vakuume

Krūvininkai vakuume

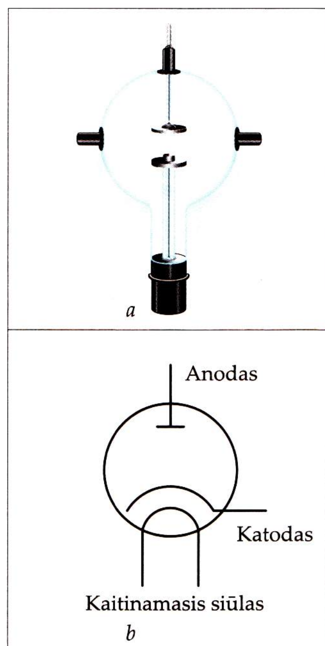
Vakuumas (tuštuma) yra geriausias elektros izoliatorius, mat molekulių jame yra tiek mažai, kad tikimybė joms susidurti visiškai menka. Vis dėlto ir vakuume galima sudaryti srovę, tereikia įrengti jame kokį nors krūvininkų šaltinį. Toks šaltinis dažniausiai yra įkaitintas kūnas, galintis spinduliuoti elektronus. Taigi **elektros srovė vakuume yra kryptingas elektronų judėjimas.**

Išnagrinėkime keletą prietaisų, kurių veikimas pagrįstas srovės tekėjimu vakuumu: diodą, triodą, elektroninį vamzdį.

Diodas

Dviejų elektrodų elektroninė lempa vadinama **vakuuminiù diodù** (lot. *vacuum* — tuštuma, gr. *di* — priešdėlis, reiškiantis, kad kas nors sudarytas iš

dviejų dalių + (elektr)odas; gr. *elektro* — sudurtinių žodžių dalis, rodanti jų sąsają su elektra, *hodos* — kelias). Jį (8.5 pav., *a*) sudaro stiklinis balionas, kuriame įtaisyti du elektrodai: **anòdas** (gr. *anodos* — kelias aukštyn) ir **katòdas** (gr. *kathodos* — kelias žemyn, nusileidimas). Kai kurių konstrukcijų dioduose katodas yra plona metalinė vielutė, susukta spirale, o anodas — tuščiaviduris metalinis ritinėlis, gaubiantis katodą. 8.5 paveiksle, *b*, parodytas sutartinis vakuuminio diodo žymėjimas elektrinėse schemose.



8.5 pav.

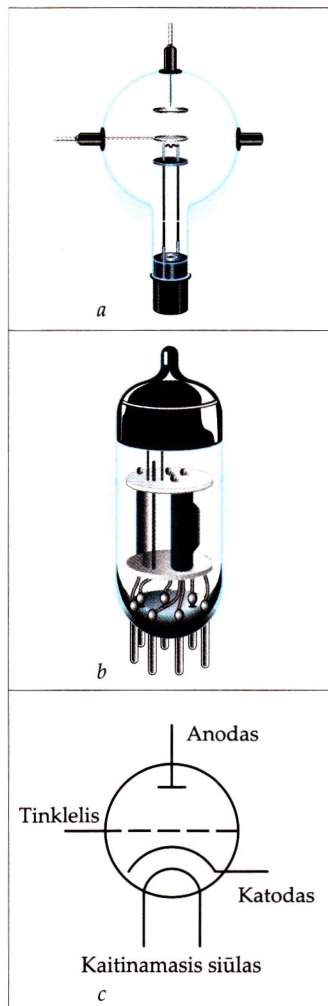
Oras iš baliono išsiurbtas, taigi čia susidaręs vakuumas yra geras izoliatorius — jame nėra laisvųjų krūvininkų. Todėl jeigu tokią lempą prijungsime prie srovės šaltinio, elektros srovė grandine netekės. Kad diodu tekėtų srovė, jame turi atsirasti judrių elektringųjų dalelių. Jų šaltinis yra įkaitintas iki aukštos temperatūros katodas.

Amerikiečių mokslininkas ir išradėjas Tomas Alva Edisonas 1883 metais aptiko, kad smarkiai įkaitintas metalas spinduliuoja laisvuosius elektronus. Šis procesas buvo pavadintas **termoelektrònine emìsija** (lot. *emissio* — išspinduliavimas, išleidimas). Vakuuminio diodo katodas paprastai kaitinamas elektros srove (t. y. prijungiamas prie srovės šaltinio) tiesiogiai arba šalia įtaisyta vielute — kaitinamuoju siūlu.

Katodo išspinduliuoti elektronai aplink katodą sudaro elektronų debesėlį. Prie lempos anodo prijungus srovės šaltinio teigiamąjį polių, o prie katodo — neigiamąjį polių, elektronai, veikiami elektrinio lauko, lempos viduje juda nuo katodo prie anodo — grandine teka elektros srovė, kuri vadinama **anòdo srovè**.

Sukeitus anodo grandinės šaltinio polius vietomis, srovė nutrūksta, nes elektrinis laukas priešinasi elektronų judėjimui nuo katodo prie anodo. Taigi *diodu srovė gali tekėti tik viena kryptimi.* Dėl šios savybės vakuuminiai diodai naudojami radioelektroniniuose prietaisuose kintamajai srovei lyginti (paversti vienos krypties srove). (Kintamąją elektros srovę, t. y. srovę, kurios stipris ir tekėjimo kryptis periodiškai kinta, nagrinėsite X klasėje.)

Triodas



8.6 pav.

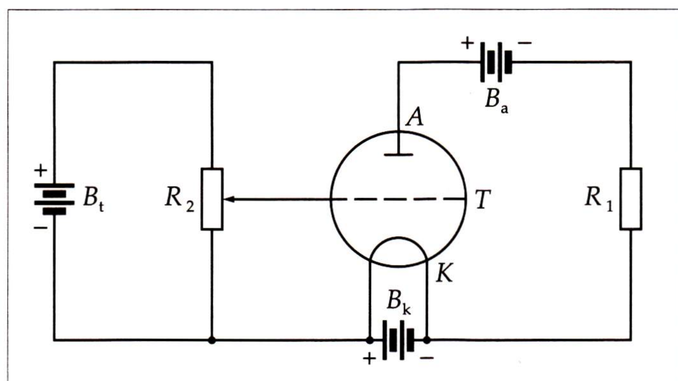
Elektronų, judančių elektroninėje lempoje nuo katodo prie anodo, srautą galima valdyti elektriniu lauku. Tam tikslui lempoje arti katodo įtaisomas trečias elektrodas, vadinamas **tinkleliù**. Dažniausiai tai būna plonos vielos spiralė, apsivijusi apie katodą. Tokia trijų elektrodų elektroninė lempa vadinama **vakuuminiù triodù** (gr. *tri* — priešdėlis, reiškiantis, kad kas nors yra sudarytas iš trijų dalių + (elektr)odas; 8.6 pav., *a*, *b*). Sutartinis triodo žymėjimas elektrinėse schemose parodytas 8.6 paveiksle, *c*.

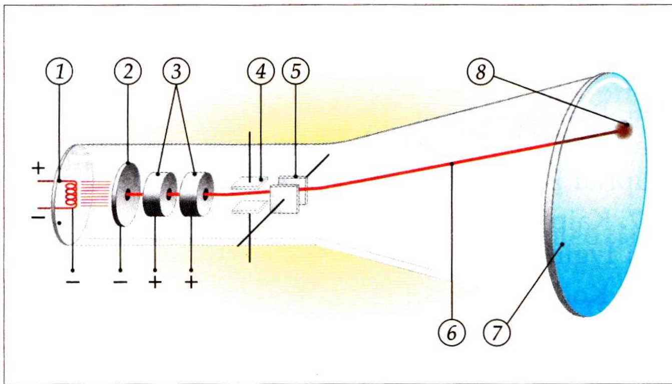
Išnagrinėkime triodo veikimą, remdamiesi viena iš jo jungimo į grandinę schemų (8.7 pav.). Kai tinklelis *T* neįelektrintas, katodo *K* išspinduliuoti elektronai laisvai pro jį prasiskverbia ir pasiekia anodą *A*. Įelektrinus tinklelį, t. y. tarp jo ir katodo sudarius įtampą (prijungus srovės šaltinį B_t), atsiranda papildomas elektrinis laukas, kuris veikia į anodą *A* lekiančius elektronus, taigi ir anodo srovę. Keičiant įtampą tarp tinklelio ir katodo, t. y. stumdant reostato R_2 šliaužiklį, galima valdyti anodo srovę.

Elektroninis vamzdis

Elektròninį vaĩzdį sudaro uždaras stiklinis viename gale paplatintas cilindras, iš kurio išsiurbtas oras (8.8 pav.). Siaurajame vamzdžio gale įtaisytas elektros srove kaitinamas katodas *1*, spinduliuojan-

8.7 pav.





8.8 pav.

tis dėl termoelektroninės emisijos elektronus. Išlėkę iš katodo elektronai, stipraus elektrinio lauko veikiami (tarp katodo ir anodo sudaroma įtampa, siekianti iki 20 kV), pro valdymo tinklelį 2 juda teigiamojo anodo *3* link. Perėję pro jį, elektronai sklinda siauru pluoštu *6*, kurį galima pavadinti **elektròniniu spiñduliu**. Toliau šis pluoštas sklinda tarp dviejų porų priešingais krūviais įelektrintų plokščių: horizontalių (*4*) ir vertikalių (*5*). Keičiant prie tų plokščių prijungtą elektrinę įtampą, galima valdyti elektronų pluošto judėjimą vertikalia ir horizontalia kryptimi. Pluoštas visada krypsta teigiamai įelektrintos plokštės link.

Pasiekęs platųjį vamzdžio galą *7* (ekraną), padengtą tam tikros medžiagos sluoksniu, elektroninis spindulys susidūrimo vietoje sukelia švytėjimą. Ekrane pasirodo maža apskrita dėmelė *8*.

Užduotys

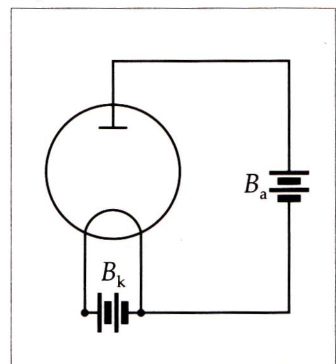
1. 8.9 paveiksle pavaizduota įrenginio srovei vakuume tirti schema. Kokį vaidmenį joje atlieka baterijos B_a ir B_k?

2. Ar tekės anodo srovė, jei sukeisime baterijų polius (žr. 8.9 pav.)?

3. Nuo ko priklauso anodo srovės stipris vakuuminiame diode?

4. Ar gali elektroninėje lempoje vykti kibirkštinis išlydis?

8.9 pav.



5. Kodėl elektroninės lempos katodas greitai suyra, jeigu lempoje yra šiek tiek oro?

6. Įtampą tarp diodo įkaitinto katodo ir anodo padidinus iki kelių tūkstančių voltų, anodas labai stipriai įkaista ir gali net išsilydyti. Kodėl?

7. Kaip galima panaudoti triodą kintamajai srovei lyginti?

8. Kodėl elektroniniame vamzdyje sukuriamas didelis vakuumas?

8.4. Elektros srovė puslaidininkiuose

Tai įdomu !

• *Kai kurių medžiagų, pavyzdžiui, sidabro sulfido, puslaidininkinę savybę — elektrinio laidumo didėjimą kylant temperatūrai — dar 1833 metais pastebėjo M. Faradėjus. Daugelis kitų puslaidininkiams būdingų savybių buvo atrasta XIX amžiaus antrojoje pusėje.*

• *Plačiau tirti ir naudoti puslaidininkius pradėta XX amžiaus penktajame dešimtmetyje.*

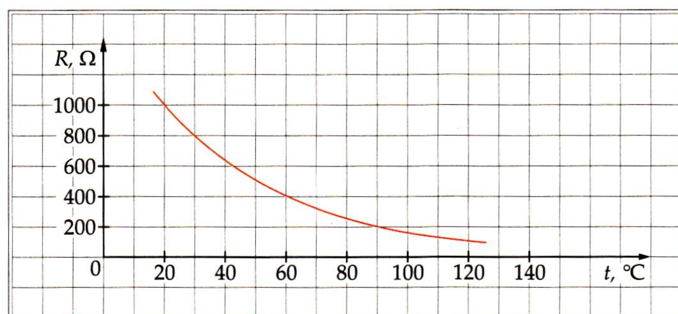
Puslaidininkiai

Pùslaidininkiais vadinamos medžiagos, kurios pagal elektrinį laidumą yra tarp elektros laidininkų ir izoliatorių. Šias tris medžiagų grupes galima palyginti pagal tų medžiagų savitąją varžą:

- laidininkų, pavyzdžiui, sidabro, vario, aliuminio, savitoji varža $\rho \approx 10^{-8}$—$10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$,
- puslaidininkių, pavyzdžiui, germanio, silicio, seleno, telūro, $\rho \approx 10^{-7}$—$10^{8}\ \Omega \cdot \text{m}$,
- izoliatorių, pavyzdžiui, stiklo, porceliano, gumos, marmuro, $\rho \approx 10^{8}$—$10^{17}\ \Omega \cdot \text{m}$.

Nuo laidininkų puslaidininkiai skiriasi ir jų savitosios varžos priklausomybe nuo temperatūros. Pavyzdžiui, kylant temperatūrai, metalų, kurie yra

8.10 pav.



geri laidininkai, savitoji varža didėja, o puslaidininkių — mažėja. Labai žemos temperatūros sąlygomis savitoji puslaidininkių varža yra nepaprastai didelė, todėl puslaidininkiai panašūs į izoliatorius. Kylant temperatūrai, jų savitoji varža ima staigiai mažėti (8.10 pav.).

Plačiausiai žinomos puslaidininkinės medžiagos yra cheminiai elementai selenas, silicis ir germanis, taip pat kai kurie junginiai: galio arsenidas (GaAs), indžio stibidas (InSb), kadmio bei švino sulfidai (CdS ir PbS) ir kt.

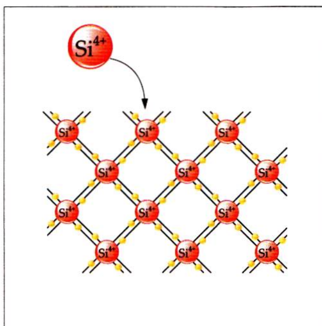
Savasis puslaidininkių laidumas

Puslaidininkių elektrinio laidumo ypatybes paaiškinsime remdamiesi silicio, periodinės elementų lentelės IV grupės atstovo, sandara. Jos modelis pateiktas 8.11 paveiksle.

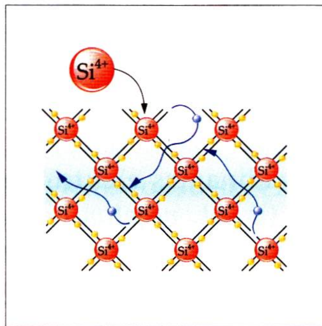
Šios grupės elementų atomų išoriniame sluoksnyje yra po keturis elektronus (paveiksle juos vaizduoja geltoni skrituliukai). Kai temperatūra žema, šie elektronai yra stipriai susiję su atomais ir laisvųjų elektronų beveik nėra. Toks silicis — puikus izoliatorius. Kaitinant silicį, kai kurie jo elektronai įgyja pakankamai energijos, kad galėtų nutraukti ryšį su atomu ir tapti laisvaisiais (8.12 paveiksle jie pavaizduoti mėlynais skrituliukais). Juo aukštesnė silicio temperatūra, juo daugiau jame atsiranda laisvųjų elektronų (jų gali atsirasti ir apšviečiant silicį).

Elektronui ištrūkus iš atomo išorinio sluoksnio, jame lieka laisva elektrono vieta. Ji vadinama **skylė** ir turi perteklinį teigiamąjį krūvį. Į šią vietą gali

8.11 pav.

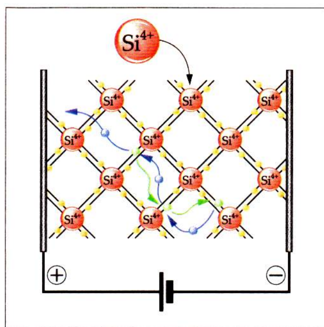


8.12 pav.



Tai įdomu !!

• *Skylinį puslaidininkių laidumą galima pailiustruoti tokiu modeliu. Keletas kėdžių sustatoma viena eile, ant kiekvienos kėdės padedama kortelė su „+" ženklu ir pasodinamas mokinys. Paskutinė kėdė paliekama laisva, tik su kortele. Kai ant jos persėda mokinys nuo gretimos kėdės, ženklas „pasislenka" per vieną kėdę. Tada ant šios kėdės persėda kitas mokinys, palikdamas savąjį „+" ženklą. Toliau taip persėdinėjant mokiniams, kortelė su „+" ženklu „atkeliauja" į kėdžių eilės pradžią. Panašiai juda ir skylės puslaidininkiuose.*



8.13 pav.

peršokti elektronas iš gretimo atomo. Tada skylė atsiras kitoje vietoje, į ją vėl peršoks kito atomo elektronas ir t. t. Taigi ta laisva vieta, arba skylė, turinti teigiamąjį krūvį, netvarkingai judės puslaidininkiu. Laisvieji elektronai ir skylės puslaidininkyje atsiranda kartu, poromis, todėl jų skaičius yra vienodas.

Kai puslaidininkį prijungsime prie srovės šaltinio (8.13 pav.), krūvininkai (laisvieji elektronai ir skylės) atsidurs elektriniame lauke ir ims judėti kryptingai: laisvieji elektronai — į vieną pusę (mėlyna rodyklė), skylės — į priešingą pusę (žalia rodyklė). Puslaidininkyje atsiras elektros srovė. Kaitinant arba apšviečiant puslaidininkį, krūvininkų jame daugės, kartu didės ir elektrinis puslaidininkio laidumas.

Aprašytas laidumas būdingas grynesiems puslaidininkiams, t. y. puslaidininkiams, neturintiems priemaišų, todėl jis vadinamas **savúoju laidumù**. Savasis puslaidininkių laidumas yra menkas, nes mažai laisvųjų elektronų. Pavyzdžiui, kambario temperatūros sąlygomis viename kubiniame centimetre germanio yra 10^{23} atomų, tuo tarpu tik $3 \cdot 10^{13}$ laisvųjų elektronų.

Tai įdomu !

• *Lietuvoje puslaidininkių tyrimai pradėti 1950 metais Vilniaus universitete. Jų pradininkas buvo akademikas Povilas Brazdžiūnas. 1967 metais įsteigtas Puslaidininkių fizikos institutas, kuriame tiriamos įvairios puslaidininkių savybės, kuriami nauji puslaidininkiniai prietaisai. Instituto mokslininkų veikla žinoma visame pasaulyje. 1977 metais jo mokslininkų S. Ašmonto, J. Poželos ir K. Repšo darbai pripažinti pirmuoju moksliniu atradimu Lietuvoje.*

Priemaišinis puslaidininkių laidumas

Puslaidininkių laidumas labai padidėja įterpus į juos priemaišų (kitų cheminių elementų atomų). Tada šalia savojo laidumo atsiranda papildomas **priemaišìnis laidùmas**.

Priemaišinį puslaidininkių laidumą galima paaiškinti taip. Tarkime, kad savasis puslaidininkio laidumas yra mažas. Įterpus į šį puslaidininkį tam tikros medžiagos (priemaišos), kurios atomai išoriniame sluoksnyje turi daugiau elektronų, dalis jų lieka laisvi, nes priemaišos ir puslaidininkio kovalentiniams ryšiams sudaryti visų išorinių priemaišos elektronų nereikia. Puslaidininkio su tokiomis priemaišomis laidumą lemia elektronų judėjimas, todėl jis vadinamas **elektròniniu laidumù**, arba ***n* laidumù** (iš lot. *negativus* — neigiamas), o pats puslaidininkis — ***n* pùslaidininkiu**. Priemaišos, kurios lengvai atiduoda elektronus, vadinamos **dònorais** (lot. *dono* — dovanoju).

Jei į puslaidininkį įterpiame medžiagos (priemaišos), kurios atomai lengvai prisijungia išorinius puslaidininkio atomų elektronus, padidėja skylių skaičius. Tokiam puslaidininkiui būdingas **skylìnis laidùmas**, arba ***p* laidùmas**. Puslaidininkiai, kuriuose vyrauja skylinis laidumas, vadinami ***p* pùslaidininkiais** (iš lot. *positivus* — teigiamas). Priemaišos, prisijungiančios elektronus, vadinamos **akcèptoriais** (lot. *acceptor* — priėmėjas).

Keičiant atitinkamų priemaišų kiekį, galima reguliuoti vienokio ar kitokio ženklo krūvininkų skaičių puslaidininkyje ir pagaminti puslaidininkių, kuriuose vyrautų teigiamieji arba neigiamieji krūvininkai. Dėl šios savybės padidėja puslaidininkių taikymo galimybės.

Puslaidininkių sandūra

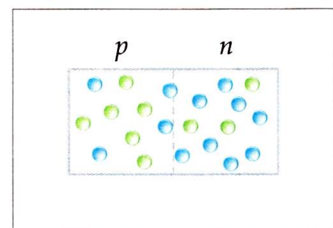
Praktikoje dažniau naudojami suglausti puslaidininkiai, kurių vienai daliai būdingas *p* laidumas, o kitai — *n* laidumas. Šių dalių kontaktas vadinamas ***pn* sándūra**. Ji pakeičia krūvininkų išsidėstymą kiekviename iš suglaustų puslaidininkių.

Jeigu toks puslaidininkis yra neįjungtas į elektros grandinę, tai kiekvienoje jo dalyje laisvieji elektronai bei skylės juda netvarkingai. Dėl to kai kurie laisvieji elektronai per *pn* sandūrą gali pereiti į skylių sritį, o skylės — į elektronų sritį. Elektronams perėjus iš *n* srities į *p* sritį, jų sritis netenka dalies neigiamojo krūvio, t. y. įsielektrina teigiamai, o *p* sritis įsielektrina neigiamai, nes elektronai atkeliauja su neigiamu krūviu (8.14 pav.). Tuo tarpu skylės iš *p* srities išsineša teigiamąjį krūvį ir dėl to šioje srityje padidėja neigiamasis krūvis.

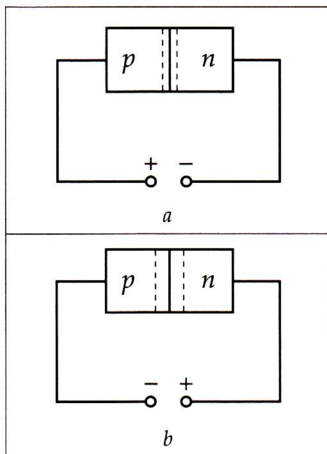
Taigi dėl elektronų difuzijos į skylių sritį ir skylių difuzijos į elektronų sritį puslaidininkių sandūra įsielektrina, atsiranda elektrinis laukas, kuris trukdo laisviesiems elektronams ir skylėms toliau skverbtis į priešingas sritis.

Puslaidininkį, turintį *pn* sandūrą, jungiant įvairiais būdais į elektros grandinę, elektronų bei skylių skverbimąsi galima sustiprinti arba susilpninti.

8.14 pav.



Laidžioji ir užtvarinė kryptis



8.15 pav.

Sakykime, puslaidininkio *p* sritis prijungta prie srovės šaltinio teigiamojo poliaus, o *n* sritis — prie neigiamojo poliaus (8.15 pav., *a*). Per *pn* sandūrą pradeda judėti pagrindiniai krūvininkai: iš *n* srities į *p* sritį — elektronai, o iš *p* srities į *n* sritį — skylės. Kadangi pagrindinių krūvininkų tokiame puslaidininkyje yra daug, srovė gali būti gana stipri.

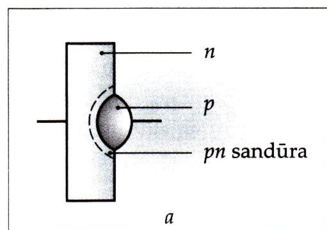
Puslaidininkio *p* sritį prijungus prie srovės šaltinio neigiamojo poliaus, o *n* sritį — prie teigiamojo poliaus (8.15 pav., *b*), per sandūrą srovė beveik neteka. Tai įvyksta dėl to, kad dėl išorinio lauko užtvarinio sluoksnio elektrinis laukas sustiprėja ir per sandūrą gali tekėti tik šalutiniai krūvininkai: iš *p* srities į *n* sritį — elektronai, o iš *n* srities į *p* sritį — skylės.

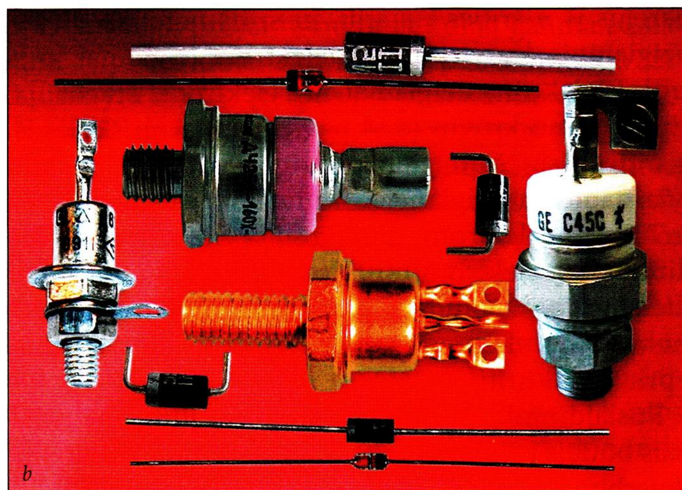
Taigi *pn* sandūra praleidžia elektros srovę viena kryptimi ir nepraleidžia jos priešinga kryptimi. Ši puslaidininkių savybė taikoma kintamosios srovės lygintuvuose.

Puslaidininkiniai prietaisai

Šiuo metu puslaidininkiniai prietaisai naudojami praktiškai visose elektrotechnikos ir radiotechnikos srityse, skaičiavimo mašinose, matavimo technikoje ir kt. Nors šie prietaisai ir labai įvairūs, jų pagrindą sudaro įprastos *pn* sandūros arba keleto *pn* sandūrų

8.16 pav.

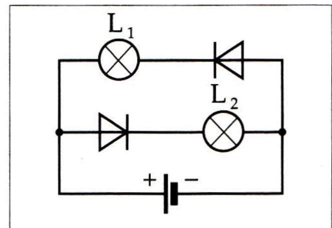




sistemos. Vienas iš paprasčiausių puslaidininkinių prietaisų yra **puslaidininkìnis diòdas**. Jį sudaro viena *pn* sandūra, prie kurios kiekvienos srities kontaktais prijungiami metaliniai išvadai (8.16 pav., *a*). Jais diodas jungiamas į elektros grandinę. Nuo žalingo oro ir šviesos poveikio sandūrą saugo sandarus metalokeraminis, stiklinis ar plastikinis apsauginis apvalkalas (8.16 pav., *b*). Puslaidininkiniai diodai yra labai ekonomiški, patikimi, mažų matmenų ir mažos masės (dėl to pranašesni už elektronines lempas). Elektrinėse schemose jie žymimi simboliu —▷|— (simbolio smailės kryptis sutampa su laidžiąja srovės kryptimi).

Minėjome, kad puslaidininkių varža labai priklauso nuo temperatūros. Šia jų savybe pagrįstas puslaidininkinio prietaiso, vadinamo **šiluminiù varžù**, arba **termìstoriumi** (gr. *therme* — šiluma + angl. (*res*)*istor* — varžas), veikimas. Pagrindinis termistoriaus elementas yra puslaidininkis, jautrus temperatūros pokyčiams. Toks termistorius, įjungtas į priešgaisrinės signalizacijos sistemą, gali įspėti apie kilusį gaisrą, o įjungtas į elektros grandinę, kurios dalys gali perkaisti, — nutraukti srovę.

Dar viena puslaidininkių savybė — jų varžos priklausomybė nuo šviesos poveikio — taikoma prietaisuose, kurie vadinami **fotovaržaĩs**, arba **fotorezìstoriais**. Apšvietus puslaidininkį, krūvininkų skaičius padidėja, o kartu sumažėja varža. Fotorezistoriai taikomi silpniems šviesos srautams registruoti, konvejeriuose detalėms skaičiuoti, gaminių paviršiaus kokybei tikrinti ir kt.



8.17 pav.

Užduotys

1. Kas yra krūvininkai grynuosiuose puslaidininkiuose?

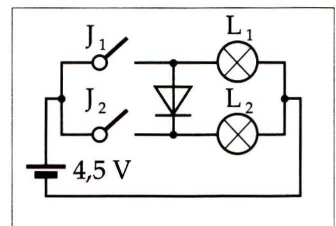
2. Kuo puslaidininkiniai prietaisai pranašesni už elektronines lempas?

3. Kuri lemputė, įjungta į grandinę, sujungtą pagal 8.17 paveiksle pavaizduotą schemą, dega?

4. Ar švies lemputės L_1 ir L_2 (8.18 pav.), jei jungiklis J_1 bus įjungtas, o jungiklis J_2 — išjungtas?

5. Ar švies lemputės L_1 ir L_2 (8.18 pav.), jei jungiklis J_1 bus išjungtas, o jungiklis J_2 — įjungtas?

8.18 pav.



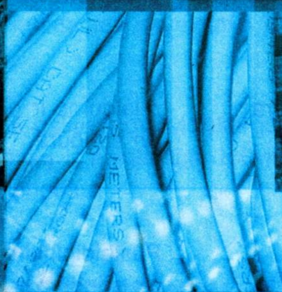
Skyriaus „Elektros srovė įvairiose terpėse“ santrauka

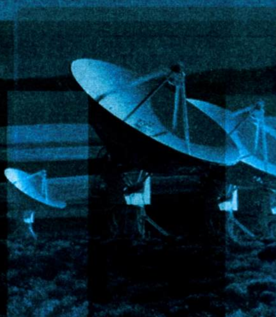
Elektrolitai	Medžiagos, kurių vandeniniai tirpalai ar lydalai praleidžia elektros srovę, vadinamos elektrolitais.
Elektros srovė elektrolituose	Elektros srovė elektrolitų tirpaluose ir lydaluose yra kryptingas teigiamųjų ir neigiamųjų jonų judėjimas.
Elektrolizė	Medžiagos išsiskyrimas ant elektrodų, tekant elektros srovei elektrolitų tirpalais ar lydalais, vadinamas elektrolize.
Elektros išlydis	Elektros srovės tekėjimas dujomis vadinamas elektros išlydžiu. Elektros srovės tekėjimas dujomis tiktai dėl kokio nors išorinio poveikio vadinamas nesavaiminiu išlydžiu. Elektros srovės tekėjimas dujomis neveikiant jonizatoriui vadinamas savaiminiu išlydžiu.
Plazma	Plazma — iš dalies arba visiškai jonizuotos dujos, kurių teigiamųjų ir neigiamųjų krūvininkų tankis praktiškai vienodas.
Kibirkštinis išlydis	Kibirkštis — tai plonytė stipriai jonizuotų dujų gija, kuria dėl mažos varžos teka labai stipri elektros srovė.
Vakuuminis diodas	Dviejų elektrodų elektroninė lempa vadinama vakuuminiu diodu.

Vakuuminis triodas	Vakuuminis diodas, kuriame įtaisytas dar vienas elektrodas, t. y. tinklelinis elektrodas, vadinamas vakuuminiu triodu. Tinklelinis elektrodas reikalingas iš katodo į anodą judančių elektronų srautui valdyti.
Puslaidininkiai	Puslaidininkiais vadinamos medžiagos, kurios pagal elektrinį laidumą yra tarp elektros laidininkų ir izoliatorių.
Skylinis laidumas	Iš atomo išorinio sluoksnio išlėkus elektronui, atome lieka laisva vieta, kurią gali užimti kitas elektronas. Ji vadinama skyle.
Donorai	Priemaišos, kurios lengvai atiduoda elektronus ir lemia elektroninį puslaidininkio laidumą (*n* laidumą), vadinamos donorais.
Akceptoriai	Priemaišos, kurios prisijungia elektronus ir lemia skylinį puslaidininkio laidumą (*p* laidumą), vadinamos akceptoriais.
Puslaidininkių sandūra	*p* laidumo ir *n* laidumo puslaidininkių kontaktas vadinamas *pn* sandūra.
Puslaidininkinis diodas	Puslaidininkiniu diodu vadinamas prietaisas, turintis vieną *pn* sandūrą ir du išvadus, kuriais jis jungiamas į elektros grandinę.

Elektra







9 Elektro-magnetiniai reiškiniai

Šiame skyriuje susipažinsite su:
- magnetinio lauko sąvoka;
- nuolatiniais magnetais: strypiniu, pasagiškuoju;
- elektromagnetais;
- elektros variklio veikimo principu;
- ryšio priemonėmis.

9.1. Elektros srovės magnetinis laukas

Magnetinis laukas

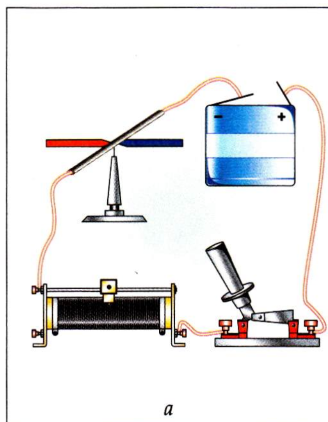
4.2 skyrelyje sužinojome, kad aplink nejudančius elektros krūvininkus yra elektrinis laukas. Bandymais įrodysime, jog aplink judančius krūvininkus yra dar ir **magnètinis laũkas**.

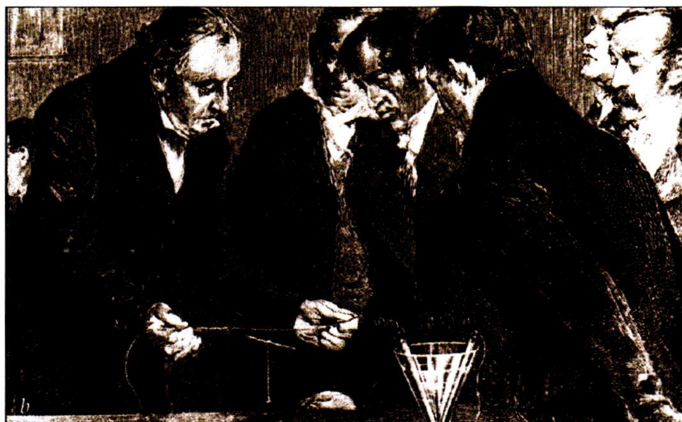
1 bandymas. Sujunkime grandinę taip, kaip parodyta 9.1 paveiksle, *a*, o šalia tiesaus laido padėkime magnetinę rodyklę. (Ji yra jums jau žinomo prietaiso — kòmpaso — pagrindinė dalis.) Kai laidu teka elektros srovė, magnetinė rodyklė nukrypsta nuo pradinės padėties, pasisuka taip, kad būtų statmena laidui.

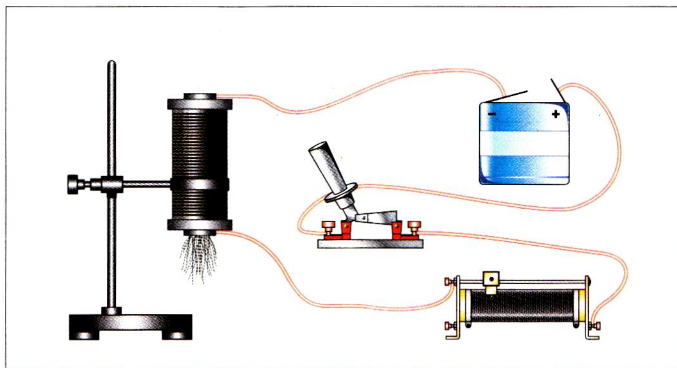
Šį bandymą (9.1 pav., *b*) 1820 metais pirmasis atliko danų fizikas Hansas Kristianas Erstedas (*H. K. Oersted*, 1777—1851).

2 bandymas. Izoliuotos vielos ritę su geležine šerdimi įjunkime į elektros grandinę, kaip parodyta 9.2 paveiksle. Kai jungiklis neįjungtas, srovė grandine neteka ir ritė netraukia šalia jos padėtų smulkių geležėlių (vinučių, veržlių, varžtelių). Sujungus grandinę, rite pradeda tekėti srovė, ritės šerdis įsimagnetina ir ima traukti geležėles. Vadinasi, ritė tampa magnetu.

9.1 pav.







9.2 pav.

Taigi 1 ir 2 bandymas patvirtina, kad **aplink laidininką, kuriuo teka elektros srovė, yra magnetinis laukas.** Jo veikiama magnetinė rodyklė pakrypsta, o ritės šerdis traukia geležinius daiktus.

Magnetinio lauko jėgų linijos

Detaliau magnetinį lauką galima ištirti naudojant geležies pjuvenas. Magnetiniame lauke jos įsimagnetina ir virsta mažomis magnetinėmis rodyklėmis.

3 bandymas. Atlikime dar vieną bandymą, panašų į 1-ąjį. Tik dabar tiesų grandinės laidą perverkime per kartono lapą ir laikykime vertikaliai. Ant kartono paberkime geležies pjuvenų arba išdėliokime daug mažų magnetinių rodyklių. Įjunkime jungiklį. Pjuvenos arba magnetinės rodyklės išsidėstys aplink tiesų laidininką koncentriniais (turinčiais bendrą centrą) apskritimais.

Linijos, išilgai kurių magnetiniame lauke išsidėsto magnetinės rodyklės, vadinamos magnètinio laũko jėgũ lìnijomis, arba magnètinėmis lìnijomis. Šių linijų kryptimi susitarta laikyti kryptį, kurią rodo magnetinės rodyklės šiaurinis polius, žymimas raide N (angl. *North* — šiaurė). Pietinis rodyklės polius žymimas S (angl. *South* — pietūs).

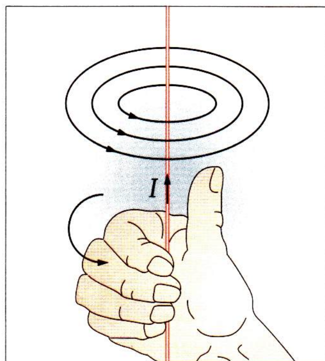
Magnetinio lauko jėgų linijų kryptis susijusi su srovės kryptimi laidininke. Šį sąryšį galima nusakyti tokia taisykle: **jei laidininką, kuriuo teka elektros srovė, apimsime dešine ranka taip, kad**

Tai įdomu!

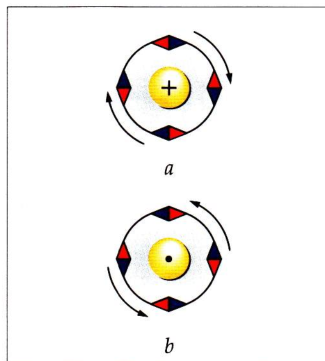
• 1820 m. Kopenhagos universiteto fizikos auditorijoje studentai susirinko į profesoriaus H. K. Erstedo paskaitą apie šilumos ir elektros sąryšį. Profesorius paprašė įjungti elektros srovę iš Voltos elementų baterijos. Srovė tekėjo plona platinine viela, kuri greitai įkaito. Erstedas aiškino reiškinį ir atsitiktinai pastebėjo, kad kryptelėjo netoli vielos kabojusi magnetinė rodyklė. Iš karto šiam reiškiniui mokslininkas neteikė reikšmės, nes manė, kad tai susiję su platininės vielos temperatūra. Vėliau jis bandymą tęsė su storesne viela, kuri įkaito ne taip smarkiai. Ir šįkart intuityviai žvilgtelėjo į rodyklę — ji vėl pakrypo į šoną. Išjungus srovę, rodyklė grįžo į pradinę padėtį, nors laidininkas dar buvo įkaitęs.

Kai studentai išėjo iš salės, Erstedas pakartojo bandymą keletą kartų, vis stebėdamas rodyklės nuokrypį. Kitą dieną bandymą atliko iš naujo su dvidešimčia Voltos elementų, ir efektas buvo dar ryškesnis.

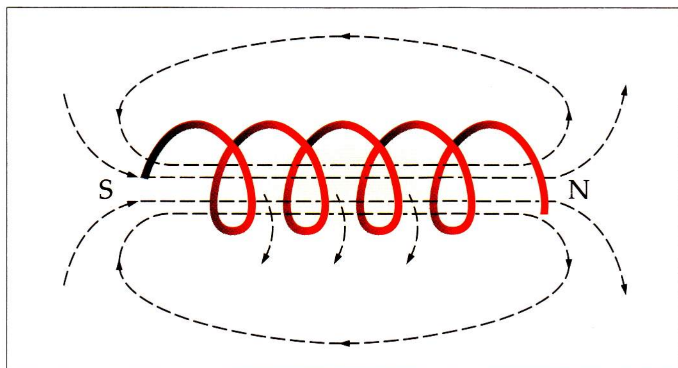
Šį bandymą 1820 m. Erstedas aprašė lotynų kalba straipsnyje „Elektros srovės poveikio magnetinei rodyklei bandymai". Bandymo esmę jis nusakė taip: „Galvaninė elektra, tekėdama iš šiaurės į pietus virš laisvai kabančios magnetinės rodyklės, jos šiaurinį polių nukreipia į rytus. Tekėdama ta pačia kryptimi po rodykle, šiaurinį polių nukreipia į vakarus".



9.3 pav.



9.4 pav.

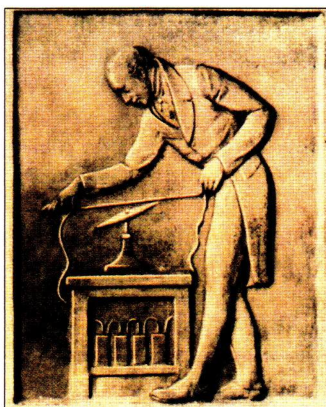


9.5 pav.

Tai įdomu ! !

• *9.6 paveiksle parodyta Miuncheno vokiečių (gamtos mokslų ir technikos istorijos) muziejuje saugoma paminklinė lenta, skirta šiam labai svarbiam Erstedo bandymui įamžinti.*

9.6 pav.

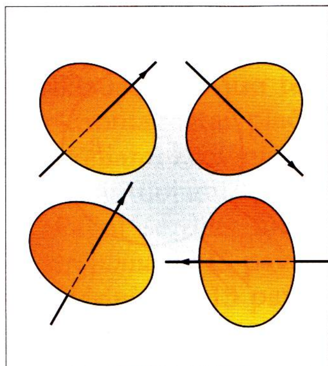


ištiestas nykštys rodytų srovės kryptį, tai kiti keturi pirštai rodys magnetinių linijų kryptį (9.3 pav.). Ši taisyklė vadinama **dešiniõsios rañkos taisyklė**.

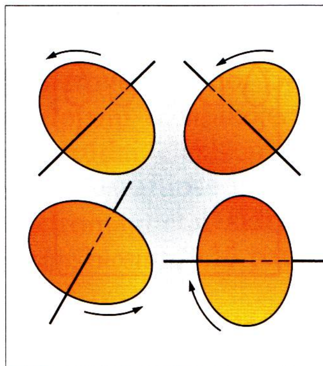
Brėžinio plokštumai statmenu laidininku tekančios srovės kryptis dažnai vaizduojama strėle. Kai srovė teka nuo mūsų (9.4 pav., *a*), rašome ženklą ⊕ (tarsi žymėtume tolstančios strėlės uodegą), kai į mus (9.4 pav., *b*) — ženklą ⊙ (vaizduojantį atlekiančios strėlės smaigalį). Rodyklėmis pažymėta aplink laidininką susidariusio magnetinio lauko magnetinių linijų kryptis.

9.5 paveiksle pavaizduotos ritės, su kuria atlikome 2 bandymą, magnetinio lauko magnetinės linijos. Kaip žinome, ritė, kuria teka elektros srovė, tarsi virsta magnetu. Vadinasi, ji, kaip ir magnetinė rodyklė, turi du polius: šiaurinį N ir pietinį S. Ritės magnetinės linijos nukreiptos iš šiaurinio poliaus į pietinį.

Magnetinio lauko vaizdavimas jėgų linijomis yra tik šio lauko modelis.



9.7 pav.



9.8 pav.

Užduotys

1. Kokių sąlygų reikia, kad aplink krūvininkus visada būtų elektrinis ir magnetinis laukas?

2. Ar galima kompasu nustatyti, kad laidininku teka elektros srovė? Jei galima, tai kaip sužinoti jos kryptį?

3. Kokia yra magnetinio lauko jėgų linijų kryptis 9.7 paveiksle pavaizduotais atvejais? Persibraižę į sąsiuvinius, pažymėkite ją rodykle.

4. Persibraižykite į sąsiuvinius 9.8 paveiksle pavaizduotus laidininkus. Atsižvelgdami į magnetinio lauko jėgų linijų kryptį, nurodykite šiais laidininkais tekančios elektros srovės kryptį.

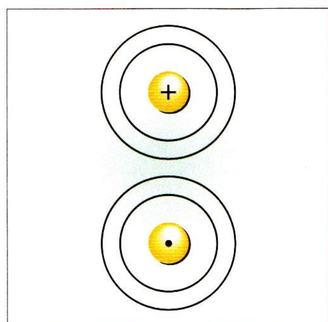
5. 9.9 paveiksle pavaizduoti du laidininkai ir nurodyta jais tekančios elektros srovės kryptis. Persibraižę juos į sąsiuvinius, pažymėkite magnetinio lauko jėgų linijų kryptį.

Tai įdomu

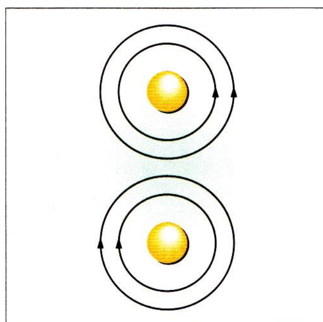
• *Vilniaus universiteto fizikas J. K. Skrodskis dar 1817 metais rašė, kad laidininkas, kuriuo teka elektros srovė, veikia kompaso rodyklę panašiai kaip magnetas.*

• *Magnetinio lauko jėgų linijų kryptį galima nustatyti ir pagal* ***sráigto taisỹklę****: jei sukamas sraigtas slenka srovės tekėjimo kryptimi, tai jo sukimosi kryptis rodo magnetinio lauko jėgų linijų kryptį (9.11 pav.).*

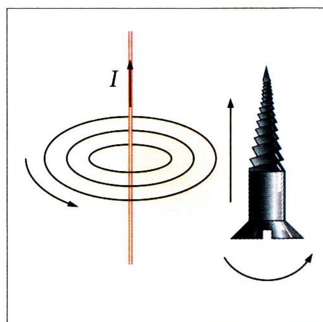
9.9 pav.

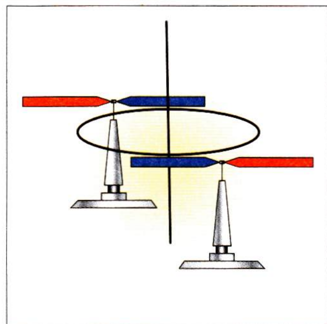


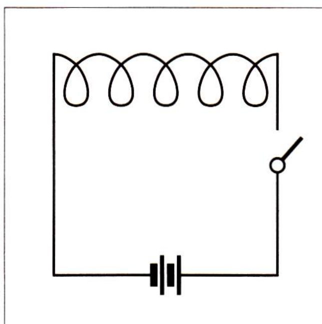
9.10 pav.

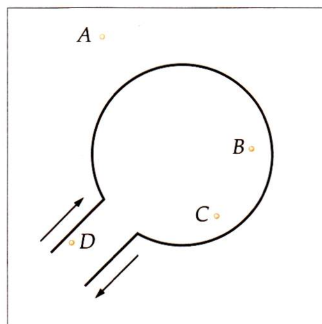


9.11 pav.




9.12 pav.


9.13 pav.



9.14 pav.

6. 9.10 paveiksle — dviejų laidininkų skerspjūviai ir aplink juos susidariusio magnetinio lauko jėgų linijos. Persibraižę juos į sąsiuvinius, nurodykite laidininkais tekančios elektros srovės kryptį.

7. Atliekant Erstedo bandymą, magnetinės rodyklės pakrypo priešingomis kryptimis (9.12 pav.). Kodėl? Nurodykite magnetinio lauko jėgų linijų ir laidininku tekančios srovės kryptis.

8. Kurį magnetinės rodyklės polių atstums 9.13 paveiksle pavaizduotos ritės kairysis galas, kai ja ims tekėti elektros srovė?

9. Persibraižykite į sąsiuvinius 9.14 paveiksle pavaizduotą laidininką ir aplink jį pažymėkite magnetinio lauko jėgų linijų (nubrėždami jas per nurodytus taškus) kryptis. Rodyklės rodo laidininku tekančios elektros srovės kryptį.

10. Viena rite teka 3 A stiprio srovė, kita tokia pat rite — 1,5 A. Katros ritės viduje magnetinis laukas yra stipresnis?

8-asis laboratorinis darbas. Elektromagneto surinkimas ir išbandymas

Elektromagnetas

Ritė, kurios viduje yra geležinė šerdis, vadinama **elektromagnetù**. Kai rite teka elektros srovė, elektromagneto šerdis įsimagnetina ir sustiprina ritės sukurtą magnetinį lauką. Išjungus srovę, šios mag-

netinės savybės išnyksta (šerdis turi būti pagaminta iš specialios geležies). Elektromagneto poveikis priklauso nuo juo tekančios srovės stiprio. Dėl to elektromagnetai plačiai naudojami technikoje. Jais perkeliami kroviniai, valomi grūdai, elektromagnetai montuojami telefonuose, telegrafuose ir t. t.

Pagal šerdies formą elektromagnetai skirstomi į *strỹpinius* (9.15 pav., *a*), *pasagiškúosius* (9.15 pav., *b*), *cilìndrinius* (9.15 pav., *c*) ir t. t.

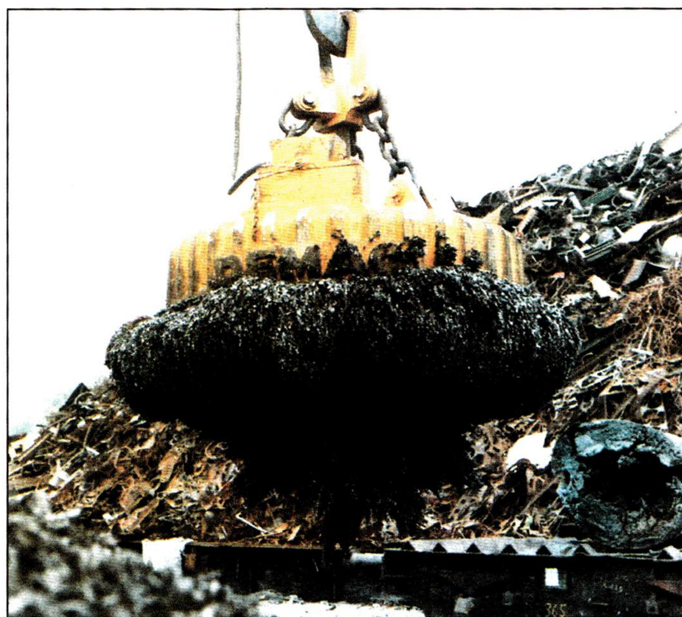
9.16 paveiksle parodytas didelės keliamosios galios elektromagnetas.

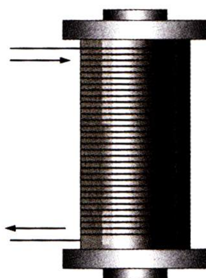
Priemonės: 1) kišeninio žibintuvėlio baterija; 2) ritė; 3) geležinė ritės šerdis; 4) reostatas; 5) jungiklis; 6) jungiamieji laidai; 7) kompasas; 8) smulkios vinutės; 9) varžteliai; 10) trintukas; 11) maži akmenukai; 12) medžio gabaliukai.

Darbo eiga

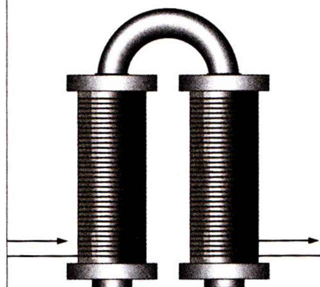
1. Pagal 9.17 paveiksle pavaizduotą elektrinę schemą sujunkite grandinę.
2. Įjunkite jungiklį ir kompasu nustatykite ritės (elektromagneto) polius.
3. Pakeiskite srovės kryptį grandinėje ir vėl nustatykite elektromagneto polius.

9.16 pav.

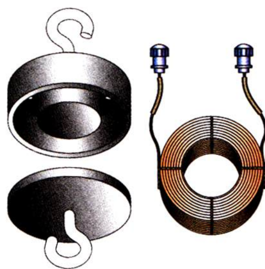




a



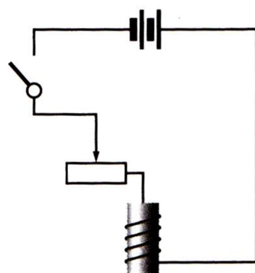
b

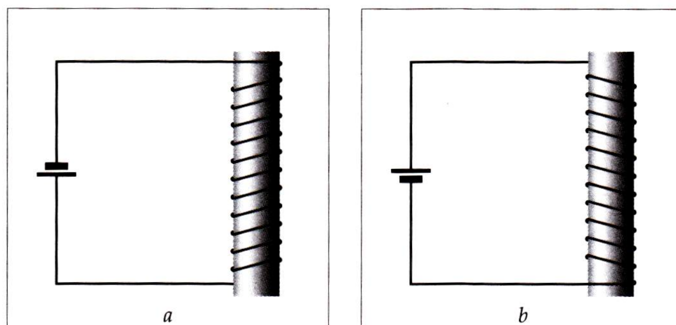


c

9.15 pav.

9.17 pav.





9.18 pav.

4. Reostatu reguliuokite srovės stiprį grandinėje ir stebėkite, kaip elektromagnetas veikia kompasą.

5. Patikrinkite, kaip elektromagnetas traukia iš įvairių medžiagų padarytus kūnus: geležines vinutes, varžtelius, medžio gabaliukus, akmenukus ir t. t.

Užduotys

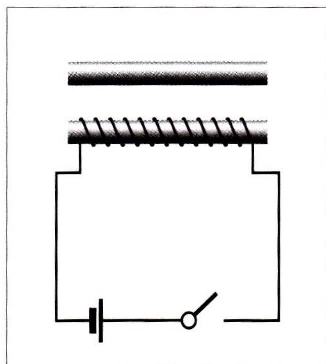
1. Ar galima iš neizoliuotos vielos pagaminti elektromagneto ritę?

2. Nurodykite 9.18 paveiksle pavaizduotų elektromagnetų polius.

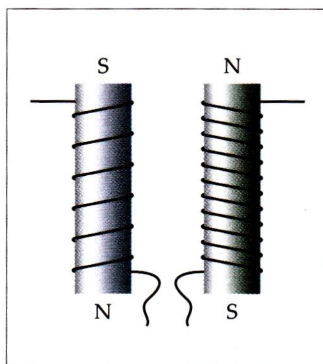
3. Ar, sujungus grandinę, įsimagnetina abu geležiniai strypai (9.19 pav.)?

4. Kaip apvynioti geležinį virbą laidu, kad, tekant juo srovei, virbas neįgytų magnetinių savybių?

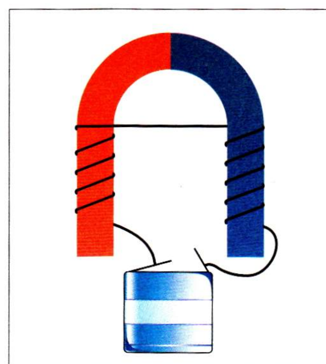
9.19 pav.

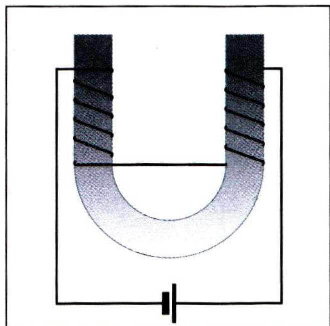


9.20 pav.

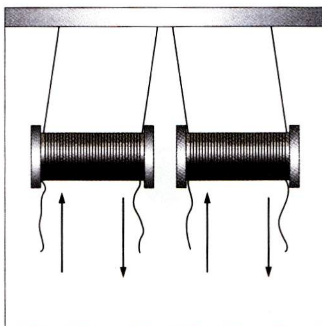


9.21 pav.

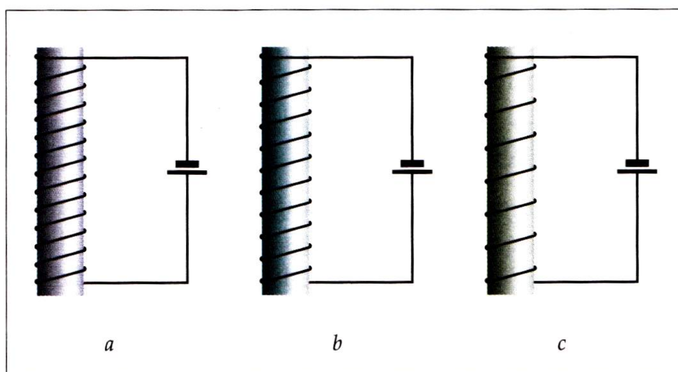




9.22 pav.



9.23 pav.



9.24 pav.

5. 9.20 paveiksle pavaizduoti elektromagneto poliai. Prie ričių prijunkite srovės šaltinį, o ričių galus sujunkite vieną su kitu taip, kad elektromagneto poliai būtų tokie, kokie nurodyti brėžinyje.

6. Pažymėkite elementų baterijos polius ir srovės kryptį grandinėje (9.21 pav.).

7. Nurodykite pasagiškojo elektromagneto polius (9.22 pav.).

8. Ant plonų vielų pakabintos dvi ritės (9.23 pav.). Kodėl jos artėja ar tolsta viena nuo kitos, kai jomis leidžiama elektros srovė?

9. 9.24 paveiksle pavaizduotais elektromagnetais teka vienodo stiprio elektros srovė. Kuris iš jų gali pakelti didžiausią krovinį?

9.2. Telegrafas. Telefonas

Nuo seno buvo ieškoma būdų žinioms perduoti. Ilgą laiką laiškus, pranešimus iš vienos vietos į kitą nešiodavo raiti pasiuntiniai. Ilgainiui informacijos perdavimo būdai tobulėjo, tačiau kai kurie iš jų taikomi dar ir šiandien.

Informacijos perteikimo įvairiais atstumais greitis, tikslumas iš esmės pasikeitė tik nuodugniau ištyrus elektrinius bei magnetinius reiškinius.

Tai įdomu !

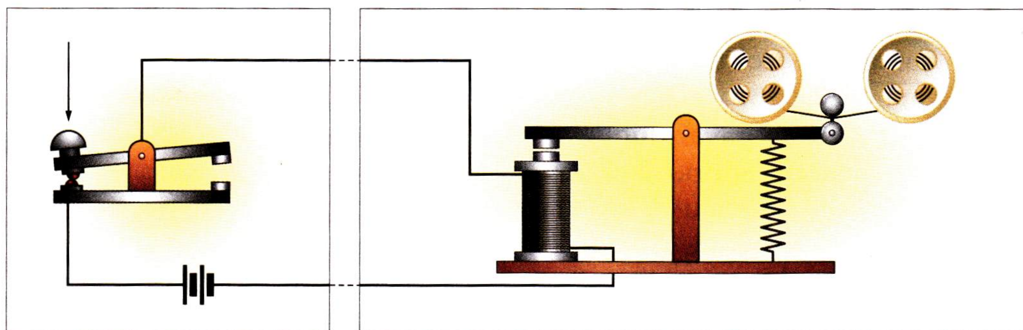
- *Lietuvoje pirmoji telegrama iš Vilniaus į Peterburgą pasiųsta 1859 metais.*
- *Kaune telegrafo stotis įsteigta 1863 metais.*

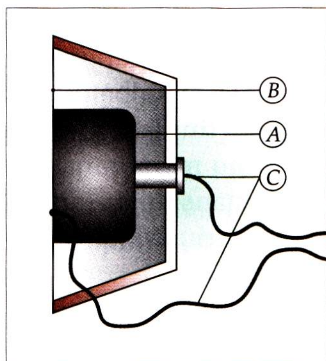
Telegrafas

Elektros srovę ir elektromagnetą galima panaudoti signalams perduoti dideliais atstumais ir jiems užrašyti. 1837 metais amerikietis Samjuelis Morzė (*S. Morse*) išrado elektromagnetinį rašantį **telegrãfo** aparatą (gr. *tele* — toli + *grapho* — rašau). Jo modelio principinė schema pavaizduota 9.25 paveiksle.

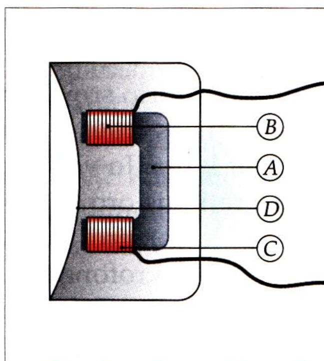
Siuntimo stotyje yra srovės šaltinis ir telegrafo raktas (jungiklis), priėmimo stotyje — elektromagnetas, kuris gali pritraukti svirtį su rašikliu. Nuspaudus telegrafo raktą, grandinė susijungia. Trumpiau ar ilgiau palaikant nuspaustą raktą, priėmimo stotyje įtaisytas rašiklis judančioje popieriaus juostelėje brėžia tašką arba brūkšnį. Iš taškų ir brūkšnių sudaryta Morzės abėcėle užrašomas įvairiausias tekstas.

9.25 pav.





9.26 pav.



9.27 pav.

Šiuolaikinis telegrafo ryšys — sudėtinga sistema, kuria perduodamas ir tekstas, ir fototelegramos, ir kt. Vienas iš dabar naudojamų raidinių telegrafo aparatų yra teletaipas (lot. *tele* — toli + angl. *type* — rašyti mašinėle). Jis turi panašią į rašomosios mašinėlės klaviatūrą, siunčia, priima ir automatiškai užrašo informaciją.

Telefonas

Kalbą dideliais atstumais galima perduoti telefono ryšiu, t. y. elektriniais signalais, kurie sklinda laidais. Telefono ryšys techniškai labai sudėtinga sistema. Tačiau joje yra du nekintantys elementai — **mikrofònas** (gr. *mikros* — mažas + *phone* — garsas) ir **telefònas** (gr. *tele* — toli + *phone* — garsas). Pirmojo kalbėtojo mikrofonas sujungtas su antrojo telefonu, o antrojo mikrofonas — su pirmojo telefonu.

Mikrofonas (9.26 pav.) — tai smulkių anglies grūdelių pripildyta dėžutė *A*, uždengta plona plokštele — membrana *B*. Prie dėžutės ir membranos prijungti laidai *C*. Taigi anglies grūdeliai yra elektros grandinėje, kuri sujungta su antrojo kalbėtojo telefonu.

Telefoną (9.27 pav.) sudaro magnetas *A*, ant kurio polių *B* užmautos plonos vielos ritelės *C*. Prie magneto polių yra plona plieninė plokštelė (membrana) *D*.

Pirmojo kalbėtojo balso stygos virpina orą, ir šis virpėjimas suvokiamas kaip garsas. Kalbant į mikrofoną, virpantis oras pasiekia membraną, kuri tai

Tai įdomu !

- **Morzės abėcėlė**

A · —
Ą · — · —
B — · · ·
C — · — ·
Č — — — ·
D — · ·
E ·
Ė · · — · ·
F · · — ·
G — — ·
H · · · ·
I · ·
Y — · — —
J · — — —
K — · —
L · — · ·
M — —
N — ·
O — — —
P · — — ·
R · — ·
S · · ·
Š — — — —
T —
U · · —
Ų, Ū · · — —
V · · · —
Z, Ž — — · ·
0 — — — — —
1 · — — — —
2 · · — — —
3 · · · — —
4 · · · · —
5 · · · · ·
6 — · · · ·
7 — — · · ·
8 — — — · ·
9 — — — — ·

- *Telefoną 1876 metais išrado amerikietis Aleksandras Grejamas Belas* (A. G. Bell).
- *Lietuvoje pirmoji telefono stotis įrengta Vilniuje 1896 metais. 1923 metais visi Lietuvos apskričių centrai jau turėjo telefono stotis.*
- *Buityje naudojamės įvairia technika. Nė nepagalvojame, kad kai kurie aparatai atsirado palyginti neseniai, o jų veikimo principas daugeliui buvo nesuprantamas. Tai liudija ir čia aprašyta pirmoji paauglių pažintis su telefonu.*

Tai įdomu !

Penkiolikmetis būsimasis rašytojas Augustinas Gricius su draugu 1915 metais, patys to nežinodami, atsidūrė neutralioje fronto zonoje tarp rusų ir vokiečių kariuomenės, netoli Šiupylių. Pamatę laidus, pradėjo aiškintis, kaip veikia telefonas.

„Einant pro Ežerio mišką, <...> Stasys staiga riktelėjo:

— Va, tilipons!

Pakelės griovys buvo prižėlęs alksniukų. Juose driekėsi telefono kabelis. Jis buvo gerai paslėptas, mudu su Stasiu nepastebėjome, iš kur jis eina.

— Tai turbūt jis kiauras, tas dratas, — pasakė Stasys, čiupinėdamas kabelį.

Aš jau buvau mokykloj girdėjęs ir skaitęs apie elektrą, tad ir apie telefoną.

— Ne. Vidury viela, o ja sunkiasi elektros srovė ir neša žodžius, — ne per daug kvalifikuotai ir įtikinamai paaiškinau Stasiui.

— Eik tu, kvaily. Kas ten tau sunksis, — kibo ginčytis Stasys. — Jei nebūtų viela kiaura, tai ir nesusikalbėtų.

Mudu susiginčijome ir gana ilgai kivirčijomės, stengdamiesi kiekvienas įrodyti savo tiesą.

— Na, pažiūrėkim, — pasiūlė Stasys.

— Pažiūrėkim, — sutikau.

Mudu ilgai vargom, kol šiaip taip nutraukėme vielą. Stasys nusiminė pamatęs, kad viela nekiaura. Aš džiaugiausi įrodęs, kad tiesa mano."[1]

Tik gerokai vėliau A. Gricius suvokė, koks pavojus jiems grėsė.

[1] G r i c i u s A. Tūkstantis devyni šimtai penkioliktieji. Diversantai // Keliai keleliai. V., 1973. P. 112.

suspaudžia, tai atleidžia anglies grūdelius. Dėl to kinta jų varža ir kartu srovės stipris grandinėje. Kintamo stiprio srovė pasiekia antrojo kalbėtojo telefono riteles ir jose sukelia magnetinį lauką, kuris taip pat kinta. Jo veikiama, telefono membrana virpina gretimus oro sluoksnius, ir klausytojas (antrasis kalbėtojas) girdi tuos žodžius, kuriuos kitame laidų gale į mikrofoną taria jo pašnekovas.

Šiuolaikinių telefonų rageliuose įtaisytas ir mikrofonas, ir telefonas. Dabar labai paplitęs automatinis telefono ryšys.

Užduotys ??

1. 9.28 paveiksle pavaizduotas elektrinis skambutis: *A* — pasagiškasis elektromagnetas, *B* — geležinė plokštelė su plaktuku, *C* — skambučio varpelis. Įjunkite skambutį į elektros grandinę ir paaiškinkite, kaip jis veikia.

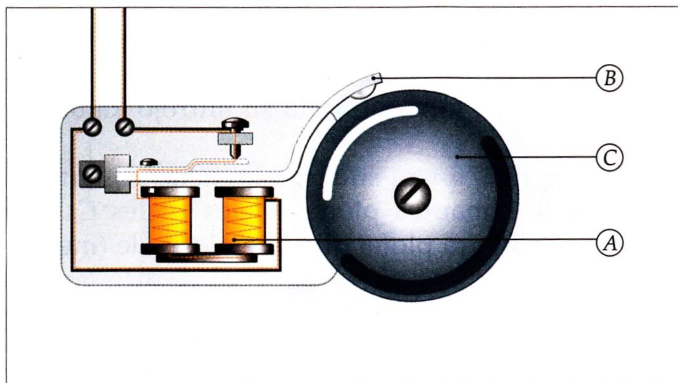
2. Ką bendra turi elektrinio skambučio, telefono ir telegrafo įranga?

3. Į kurią pusę išlinksta telefono membrana, kai mikrofono membrana suspaudžia anglies grūdelius dėžutėje?

4. Sujungiant ir išjungiant grandinę, kurioje yra telefonas, ragelyje girdėti trakštelėjimas. Kodėl?

5. Kokie energijos virsmai vyksta mikrofone ir telefone, kai kalbasi du pašnekovai?

9.28 pav.



6. Norint greitai įrengti tarp dviejų vietovių laikiną telefono ar telegrafo ryšį, tiesiamas tik vienas izoliuotas laidas. Iš telefono aparatų išeinantys antrieji laidai sujungiami su įsmeigtais į žemę metaliniais virbais. Kodėl taip daroma? Kas šiuo atveju atstoja antrąjį laidą? Kodėl girdimumas pagerėja, kai aplink įsmeigtus virbus palaistoma žemė?

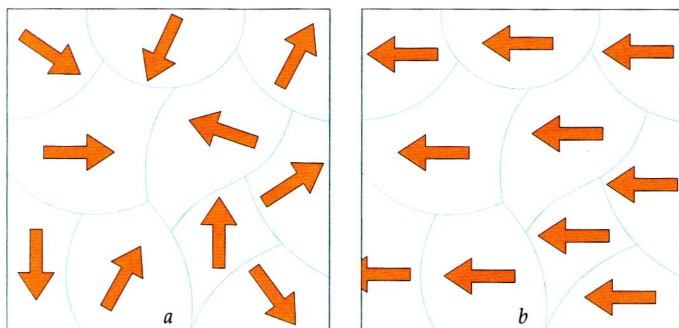
9.3. Nuolatiniai magnetai

... dabar pasakysiu, kuriuo gi dėsniu gamtos akmuo prie savęs gali geležį traukti. Graikai šį akmenį tad magnetu pavadino dėl jojo atsiradimo iš ten, kur gyvena magnetų tautelė.

Lukrecijus (I a. pr. Kr.). *Apie daiktų prigimtį*

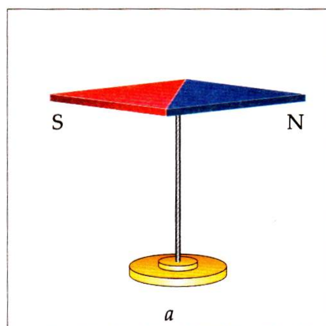
Kūnai, kurie ilgai neišsimagnetina, vadinami **nuolatìniais magnètais**, arba tiesiog **magnètais**. Tokių savybių turi magnetinės medžiagos — feromagnetikai (lot. *ferrum* — geležis). Tai geležis, nikelis, kobaltas. Dėl elektronų sąveikos juose atsiranda skirtingai įmagnetintos sritys (domenai) (9.29 pav., *a*). Magnetiniame lauke jų įsimagnetinimas suvienodėja (kryptis pasidaro maždaug vienoda; 9.29 pav., *b*) ir visas medžiagos gabalas virsta nuolatiniu magnetu. Nuolatiniai magnetai, kaip ir elektromagnetai, būna įvairių formų: *strỹpiniai, pasagiškíeji* ir t. t.

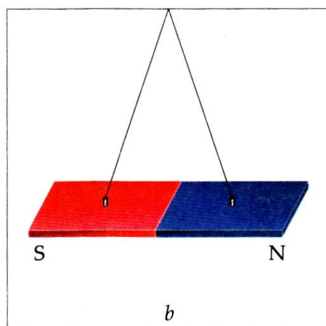
9.29 pav.



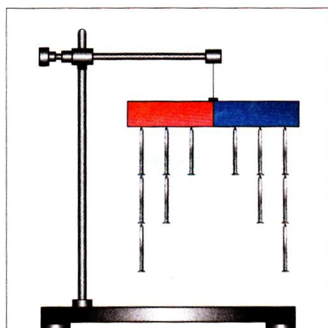
Tai įdomu !

• *Apie magneto pavadinimo kilmę yra įvairių legendų. Skyrelio pradžioje pateiktoje romėnų poeto ir filosofo Lukrecijaus poemos ištraukoje šis terminas siejamas su hipotetine magnetų tautele. Magneto pavadinimas kildinamas ir iš Graĩkijos miestelio Magnèzijos vardo. Pagal Ròmos mokslininko ir rašytojo Plinijaus Vyresniojo (23—79 m.) aprašytą legendą, piemuo Magnes atėjęs į tokią vietą, kur Žemė labai stipriai traukė jo geležinį lazdos galą ir sandalus; mat jų paduose buvo vinių. Jis pradėjęs toje vietoje kasti žemę ir radęs akmenį, kuris traukė geležinius daiktus. Pagal piemens vardą akmuo ir pavadintas magnetu.*





9.30 pav.



9.31 pav.

Artindami magnetą prie daiktų, pagamintų iš įvairių medžiagų, galime nustatyti, kad jis traukia ne visus daiktus. Magnetas geriausiai traukia plieną, ketų, geležį, prasčiau — nikelį ar kobaltą.

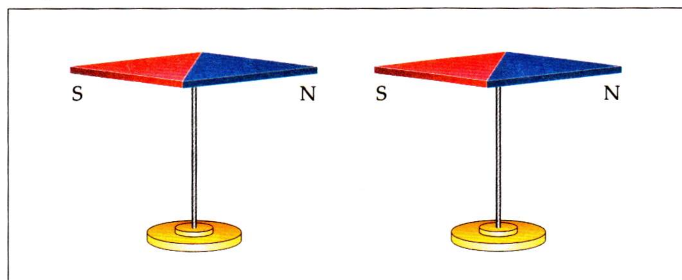
Nuolatinis magnetas, kaip ir ritė, kuria teka elektros srovė, turi du polius: šiaurinį ir pietinį. Paprasčiausias nuolatinis magnetas yra jau žinoma magnètinė rodỹklė.

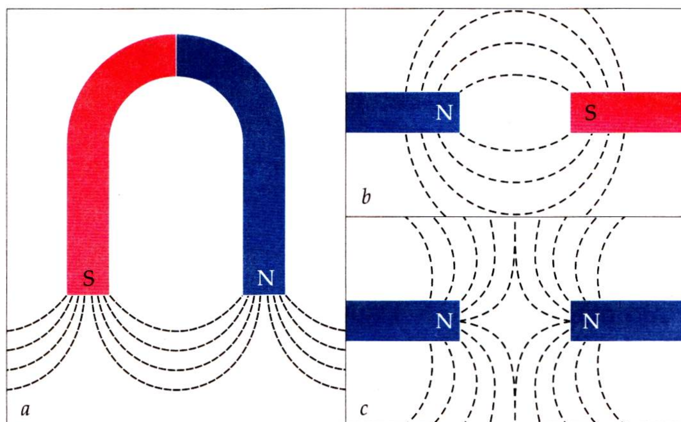
1 bandymas. Pastatykime magnetinę rodyklę ant stalo. Šiaurinis jos põlius rodys šiaurę, pietinis — pietus (9.30 pav., *a*). Pakabinkime strypinį magnetą. Vienas jo galas nukryps į šiaurę, kitas — į pietus (9.30 pav., *b*).

2 bandymas. Strypinį magnetą horizontaliai įtvirtinkime stove. Vienodais atstumais „kabinkime" prie jo geležines vinutes (9.31 pav.). Magneto galai išlaiko jų daugiausia, vadinasi, stipriausiai geležį traukia jo poliai.

3 bandymas. Artinkime vieną prie kitos dvi magnetines rodykles. Kad ir kaip jas sukiosime, jos visada sustos viena priešais kitą priešingais poliais (9.32 pav.).

9.32 pav.





9.33 pav.

Taigi galima padaryti tokią išvadą: *įvairiavardžiai magnetų poliai vienas kitą traukia, o vienavardžiai stumia.*

4 bandymas. Ant stiklinės plokštelės pabarstykime geležies pjuvenų ir iš apačios prie jos artinkime įvairius nuolatinius magnetus. Pjuvenos išsidėstys tam tikromis linijomis, kurios vaizduos magnetų magnetinius laukus.

9.33 paveiksle, *a*, parodytas pasagiškojo magneto magnetinis laukas (magnetinės linijos uždaros), 9.33 paveiksle, *b* ir *c*, — strypinių magnetų magnetiniai laukai.

Užduotys ? ?

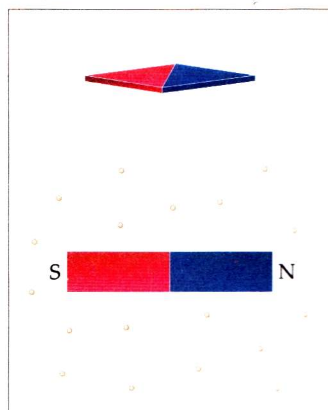
1. Turime du visiškai vienodus geležinius strypus. Kaip nustatyti, kuris iš jų yra magnetas, kuris — ne?

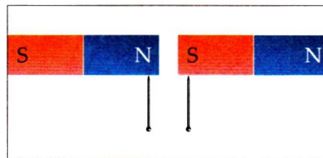
2. Pavaizduokite, kaip taškuose (9.34 pav.) aplink nuolatinį magnetą išsidėstys magnetinės rodyklės. Mėlynasis jų galas — šiaurinis polius.

3. Prie magnetų polių prikibo po adatėlę (9.35 pav.). Kas atsitiks laisviesiems adatėlių galams, artinant vieną magnetą prie kito? Kas atsitiks adatėlėms, jei magnetų galus, kurie laiko adatėles, suglausime?

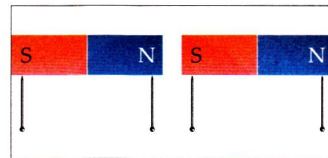
4. Dviejų magnetų poliai pritraukę laiko adatėles (9.36 pav.). Ar visos jos nukris, kai suglausime magnetus priešingais poliais? Kodėl?

9.34 pav.

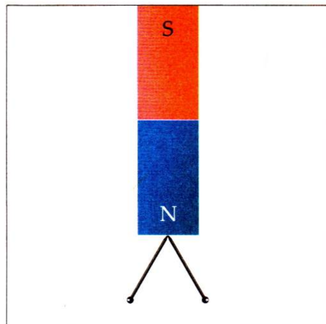




9.35 pav.



9.36 pav.



9.37 pav.

5. Nubrėžkite strypinio ir pasagiškojo nuolatinio magneto magnetinio lauko jėgų linijas ir nurodykite jų kryptį.

6. Magneto pritrauktų dviejų adatėlių laisvieji galai vienas nuo kito nutolę (9.37 pav.). Kodėl?

7. Ar galima pagaminti vieno poliaus magnetą?

8. Nuolatinis magnetas padėtas netoli magnetinės rodyklės. Kaip, nejudinant magneto, apsaugoti rodyklę nuo jo poveikio?

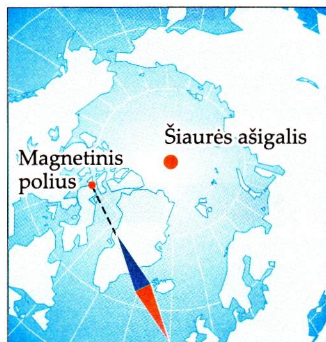
9.4. Žemės magnetinis laukas

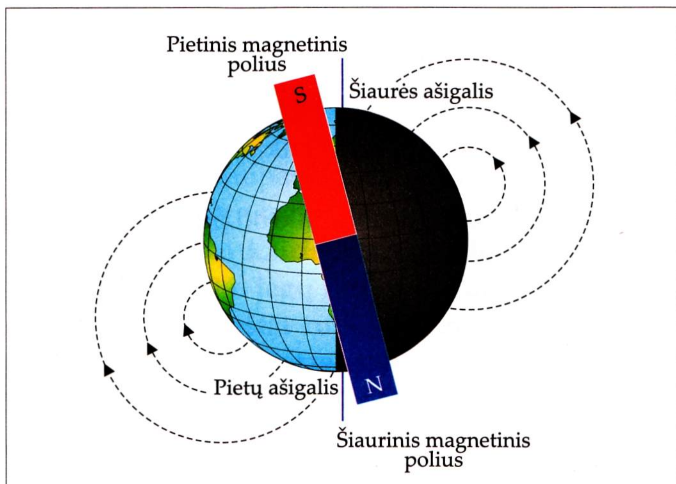
Bet kurioje Žemės vietoje padėta magnetinė rodyklė, galinti laisvai sukiotis, visuomet nusistovi šiaurės—pietų kryptimi (9.38 pav.), nes ją veikia Žemės magnetinis laukas.

Taigi Žemė yra milžiniškas magnetas (9.39 pav.), turintis du magnetinius polius: šiaurinį — Pietų pusrutulyje (į jį nukrypsta kompaso rodyklės pietinis polius) ir pietinį — Šiaurės pusrutulyje (į jį nukrypsta magnetinės rodyklės šiaurinis polius). Per Žemės magnetinius polius išvesti apskritimai vadinami **magnètiniais dienóvidiniais**. Būtent jų kryptimi nusistovi magnetinė rodyklė.

Žemės geografinis ašigalis nesutampa su jos magnetiniu poliumi. Geografinio ašigalio padėtis pastovi, o magnetinio poliaus kinta. Pietinis magnetinis polius dabar yra Šiaurės pusrutulyje, Kanãdos salyno Bãtersto salų šiauriniame pakraštyje. Per parą jis priartėja prie geografinio ašigalio 20,5 m, o per metus — apie 7,5 km.

9.38 pav.





9.39 pav.

Kaip kinta laikui bėgant Žemės magnetinio poliaus padėtis, parodyta 9.40 paveiksle. Manoma, kad 2185 metais šiaurėje magnetinis polius sutaps su geografiniu ašigaliu.

Žemės magnetizmas dar ne visiškai išaiškintas. Seniau manyta, kad Žemės magnetinį lauką sukelia jos gelmėse esančios geležingos uolienos. Tačiau giliau kaip 30 km jų magnetinės savybės išnyksta dėl aukštos temperatūros. Todėl geležingų uolienų poveikis Žemės magnetiniam laukui palyginti nedidelis.

Dabar manoma, kad svarbiausia Žemės magnetinio lauko priežastis — jos skystame branduolyje judančios konvekcinės daugybės elektringųjų dalelių srovės. O mes jau žinome, kad kiekviena elektros srovė sukuria magnetinį lauką.

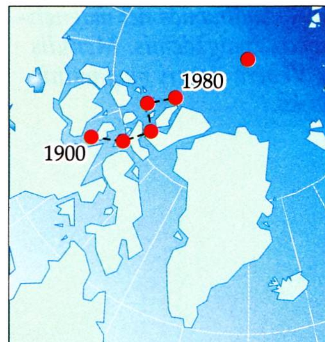
Tai įdomu !

- *Kompasas (it.* compasso *— išmatuoti (skriestuvu)) — ant ašies laisvai besisukanti magnetinė rodyklė, t. y. prietaisas orientuotis pasaulio šalių atžvilgiu, rodantis magnetinio arba geografinio dienovidinio kryptį.*
- *Kinijoje magnetais kaip kompasais naudotasi jau 2000 metais pr. Kr.*
- *Europoje magnetinis kompasas pradėtas naudoti XI—XII amžiuje.*

„Kai jūreiviui plaukiant jūra Saulė už debesų pasislepia ar pasaulį apgaubia nakties tamsa, pakabinama magnetinė adata, kuri pasisukiojusi smaigaliu šiaurę rodo... Šitaip jūreiviai sužino, kur reikia plaukti, kai nematyti Mažųjų Grįžulo Ratų." Taip pirmą kartą (1180 metais) Europos literatūroje aprašo kompasą anglų mokslininkas Aleksandras Nekamas (A. Nekam).

- *Pirmieji kompasai buvo inde vandens plūduriuojantys kamščiai su magnetine rodykle.*
- *XIV amžiuje rodyklė pradėta mauti ant smaigalio, įtvirtinto sugraduoto skritulio centre.*

9.40 pav.



Užduotys ?

1. Ar teisingai rodys pasaulio šalis kompasas automobilio salone? Patikrinkite.

2. Laivai Žemės magnetizmui tirti daromi iš medžio, o jų detalės tvirtinamos bronzinėmis vinimis. Kodėl?

3. Ar vakuume esančio kompaso magnetinė rodyklė nusistovės magnetinio dienovidinio kryptimi?

Tai įdomu !

• *Žemės magnetinis laukas nėra vienodas. Saulės pusėje jis tęsiasi maždaug 6000 km, o priešingoje pusėje — net apie 100 kartų toliau.*

• *Dėl Saulės aktyvumo kartais kinta Žemės magnetinis laukas. Iš Saulės paviršiaus į Visatą išmetami elektringųjų dalelių — elektronų, protonų — srautai. Dėl to kyla magnetinės audros.*

• *Paprastai nustatoma Žemės magnetinio lauko stiprio vidutinė vertė. Tačiau yra vietų, kur dėl geležingų uolienų telkinių Žemės plutoje magnetinis laukas daug stipresnis už vidutinį. Tokios Žemės sritys vadinamos magnetinės anomalijos sritimis (gr.* anomalia *— nukrypimas). Lietuvõs šiaurės rytuose ir Lãtvijos pietryčiuose yra didžiausia Pabaltijyjè Tumasónių—Sùbatės magnètinė anomãlija. Geležies rū̃dos uolienos čia slū̃gso 1000 m gylyje. Tai pastebėta 1936 metais, tiriant magnetinį lauką Rõkiškio rajone.*

• *Magnetinį lauką turi ir kai kurios kitos Saulės sistemos planetos: Jupiteris, Marsas, Merkurijus, Saturnas bei pati Saulė. Yra žvaigždžių, kurios dėl stipraus magnetinio lauko vadinamos net magnetinėmis žvaigždėmis. Mėnulis ir Venera neturi magnetinio lauko.*

4. Kodėl kompasai netinkami naudoti arti Žemės magnetinių polių?

5. Plieninės sijos sudėtos sandėliuose šiaurės—pietų kryptimi. Per ilgesnį laiką jos įsimagnetina. Kodėl?

6. Kodėl nereikėtų dėti laikrodžio ant televizoriaus ar radijo aparato?

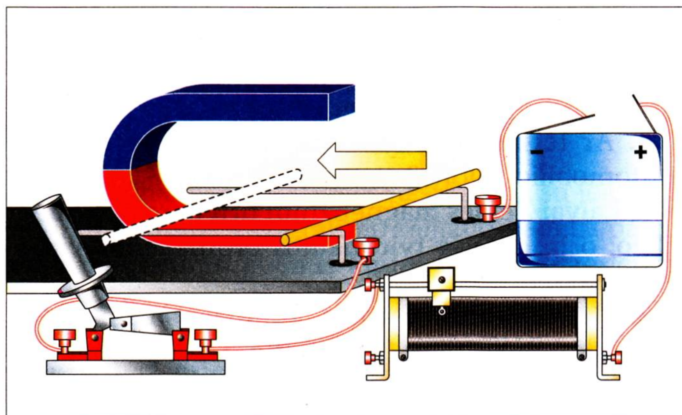
9.5. Elektros variklis

Laidininkas magnetiniame lauke

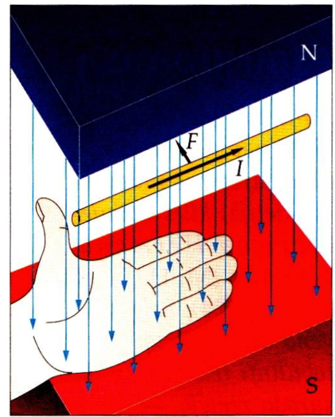
Žinome, kad aplink laidininką, kuriuo teka elektros srovė, yra magnetinis laukas, veikiantis magnetinę rodyklę (Erstedo bandymas). Kyla klausimas: ar magnetinės rodyklės magnetinis laukas neveikia laidininko? Be abejo, taip, tačiau jis toks silpnas, kad pastebėti neįmanoma. O kas atsitiks, jei laidininkas, kuriuo teka elektros srovė, pateks į stiprų magnetinį lauką? Tai sužinosime atlikę bandymą.

Bandymas. Sumontuokime 9.41 paveiksle parodytą įrenginį. Dviem neizoliuotais laidininkais, įjungtais į elektros grandinę, gali judėti lengvas metalinis vamzdelis (arba viela), esantis tarp pasagiškojo magneto polių.

9.41 pav.



Įjungus jungiklį, grandine pradeda tekėti elektros srovė ir tarp magneto polių esanti viela ima judėti. Tai rodo, kad *magnetiniame lauke esantį laidininką, kuriuo teka elektros srovė, veikia tam tikra jėga.* Jos veikimo kryptį, sutampančią su laidininko judėjimo kryptimi, galima nusakyti **kairiõsios rañkos taisyklė** (9.42 pav.): **jei kairioji ranka laikoma taip, kad magnetinio lauko jėgų linijos sueina į jos delną, o keturi ištiesti pirštai rodo elektros srovės kryptį, tai 90° kampu ištiestas nykštys rodo laidininką veikiančios jėgos kryptį.**



9.42 pav.

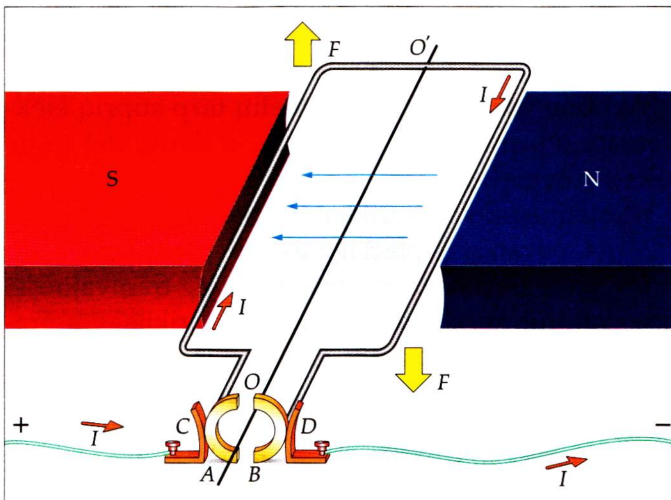
Laidininko, kuriuo teka srovė, judėjimu magnetiniame lauke pagrįstas buityje ir technikoje naudojamų elektros variklių darbas.

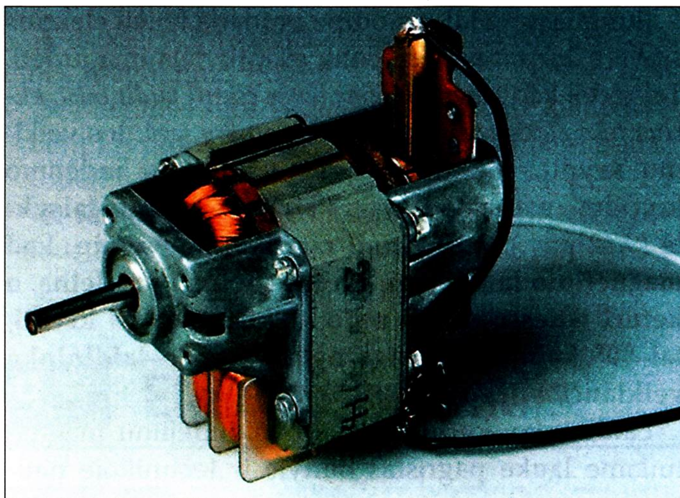
Elektros variklio veikimo schema

Elèktros variklis — elektros mašina, paverčianti elektros energiją mechanine energija.

Elektros variklio veikimą galima paaiškinti tokia schema (9.43 pav.). Tarp magneto polių yra vielos rėmelis su pusžiedžiais *A* ir *B* galuose. Pusžiedžiai prigludę prie šepetėlių *C* ir *D*. Vienas šepetėlis visuomet sujungtas su teigiamuoju šaltinio poliumi, kitas — su neigiamuoju. Rėmelis gali suktis aplink ašį *OO′*.

9.43 pav.

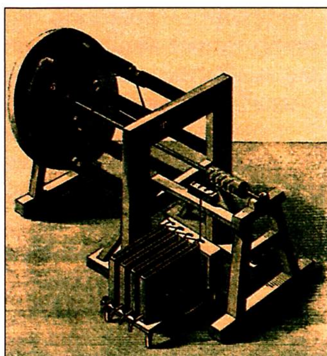




9.44 pav.

Tai įdomu !!

Pirmąjį elektros variklį (9.45 pav.) 1834 metais sukonstravo iš Pòtsdamo (Vokietijà) kilęs inžinierius M o r i c a s H e r m a n a s J a k o b i s *(*M. H. Jacobi, *1801—1874), baigęs Getingeno universitetą. Varikliui tobulinti reikėjo lėšų. Jakobis surado rėmėją — Rusijos carą Nikolajų I. Nuo 1837 metų Jakobis gyveno Peterburge, priėmė Rusijos pilietybę, tapo Peterburgo akademijos akademiku ir žinomas kaip Borisas Jakobis.*



9.45 pav.

Iš srovės šaltinio teigiamojo poliaus elektros srovė šepetėliu *C*, pusžiedžiu *A* pasiekia kairiąją rėmelio dalį, kuri brėžinyje yra ties pietiniu magneto poliumi. Pagal kairiosios rankos taisyklę nustatome, kad šią rėmelio dalį veikia aukštyn nukreipta jėga. Dešiniąja rėmelio dalimi tekančios srovės kryptis yra priešinga, todėl (pagal kairiosios rankos taisyklę) tą dalį veikia žemyn nukreipta jėga. Kadangi rėmelis pritvirtintas prie ašies, abiejų jėgų veikiamas jis gali tik pasisukti.

Iš inercijos pasisukus jam pusę apskritimo, pusžiedis *B* atsidurs ties šepetėliu *C* ir rėmelio dalis ties pietiniu magneto poliumi vėl bus veikiama į viršų, o ties šiauriniu — žemyn. Rėmelis labai greitai pradės suktis.

Tikrame variklyje tokių rėmelių tarp stiprių elektromagnetų polių yra ne vienas, o daug, dėl to jie sukasi tolygiai.

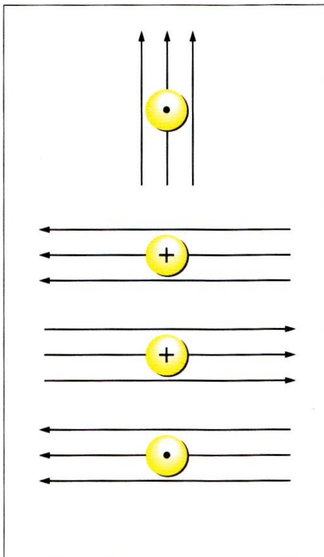
Nuolatinės srovės varikliai (vienas iš jų pavaizduotas 9.44 paveiksle) plačiai taikomi praktikoje, kaip antai: troleibusuose, elektrovežiuose, tramvajuose, ekskavatoriuose, staklėse ir pan. Šie varikliai yra pranašesni už šiluminius, nes gali būti įvairaus dydžio, neišskiria į aplinką kenksmingų medžiagų, jiems nereikia degalų, juos galima įtaisyti įvairiose vietose, jų gana didelis naudingumo koeficientas (galingų elektros variklių siekia iki 98 %).

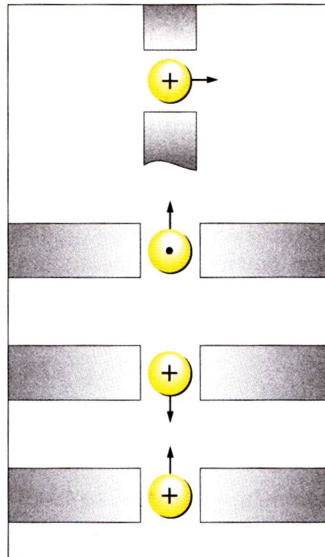
Užduotys

1. Suformuluokite taisyklę, pagal kurią nustatoma magnetiniame lauke esantį laidininką veikiančios jėgos kryptis.

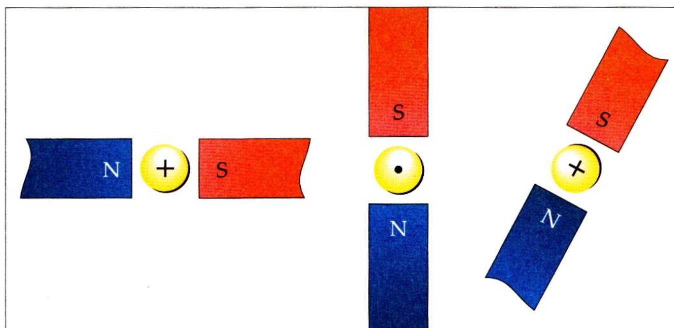
2. 9.46 paveiksle pavaizduotos magnetinių laukų jėgų linijos ir tuose laukuose esančiais laidininkais tekančių srovių kryptys. Nurodykite laidininkus veikiančių jėgų kryptį.

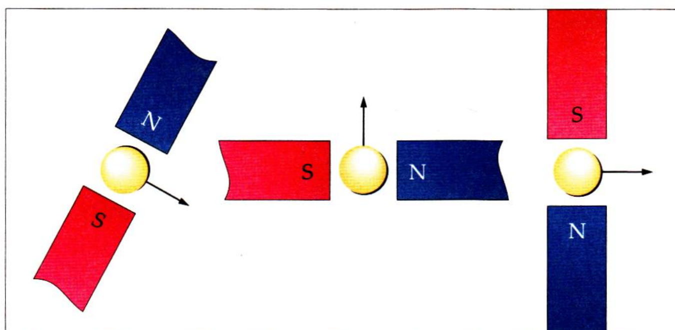
3. Tarp magnetų polių esančiais laidininkais (9.47 pav.) teka elektros srovė. Rodyklės žymi laidininkų judėjimo kryptį. Nurodykite magnetų polius.


9.46 pav.

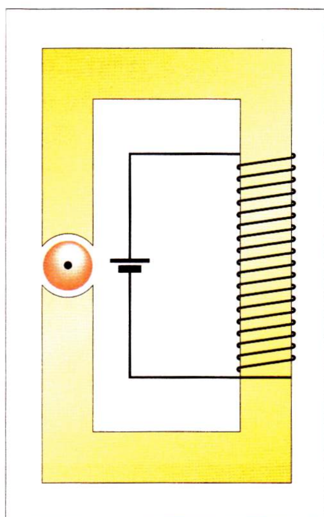

9.47 pav.

9.48 pav.





9.49 pav.



9.50 pav.

4. Tarp magneto polių esančiais laidininkais (9.48 pav.) teka elektros srovė. Nurodykite laidininkus veikiančios jėgos kryptį.

5. 9.49 paveiksle pavaizduoti tarp magneto polių esantys laidininkai, kuriais teka elektros srovė, taip pat pažymėta jų judėjimo kryptis. Nurodykite elektros srovės kryptį.

6. Kuria kryptimi judės 9.50 paveiksle pavaizduotas laidininkas?

Skyriaus „Elektromagnetiniai reiškiniai“ santrauka

Erstedo bandymas	Aplink laidininką, kuriuo teka elektros srovė, yra magnetinis laukas.
Magnetinės linijos	Linijos, išilgai kurių magnetiniame lauke išsidėsto magnetinės rodyklės, vadinamos magnetinio lauko jėgų linijomis, arba magnetinėmis linijomis. Jei laidininką, kuriuo teka elektros srovė, apimsime dešine ranka taip, kad nykštys rodytų srovės kryptį, tai kiti keturi pirštai rodys magnetinių linijų kryptį.
Magnetai	Ritė, kurios viduje yra geležinė šerdis, vadinama elektromagnetu. Kūnai, kurie ilgai neišsimagnetina, vadinami nuolatiniais magnetais, arba tiesiog magnetais. Magnetai turi du polius: šiaurinį ir pietinį. Vienavardžiai magnetų poliai vienas kitą stumia, įvairiavardžiai — traukia.
Elektros variklis	Elektros variklis — elektros mašina, paverčianti elektros energiją mechanine energija. Jo veikimas pagrįstas laidininko, kuriuo teka elektros srovė, judėjimu magnetiniame lauke.
Kairiosios rankos taisyklė	Jei kairioji ranka laikoma taip, kad magnetinio lauko jėgų linijos sueina į jos delną, o keturi ištiesti pirštai rodo elektros srovės kryptį, tai 90° kampu ištiestas nykštys rodo laidininką veikiančios jėgos kryptį.

1.7.	**1.** 140 J. **2.** 300 kJ. **3.** $3{,}36 \cdot 10^6$ J. **4.** $5{,}3 \cdot 10^{15}$ J. **5.** 36 °C. **6.** 26 °C. **7.** 80 l. **8.** 2 l. **9.** 2 °C. **10.** 420 m. **11.** 5 kg. **12.** 48 °C.
1-asis l. d.	**1.** 840 J/(kg · °C). **2.** 50 °C.
1.8.	**4.** $9{,}2 \cdot 10^{10}$ J. **5.** $7{,}4 \cdot 10^8$ J. **6.** $3{,}8 \cdot 10^6$ J/kg. **7.** ≈1,9 t. **8.** 2,5 kg. **9.** ≈22 kg. **10.** ≈130 kg. **11.** ≈11 °C.
2.2.	**5.** $4{,}95 \cdot 10^5$ J. **6.** $\approx 7 \cdot 10^5$ J. **7.** 15,33 kJ. **8.** $1{,}62 \cdot 10^6$ J. **11.** 25 °C. **12.** 0,8 l.
2.3.	**3.** $6{,}6 \cdot 10^8$ J. **4.** Kietėjant geležiai ($Q_{Fe} = 16{,}2 \cdot 10^5$ J; $Q_{Al} = 7{,}8 \cdot 10^5$ J). **5.** 1,5 kg. **6.** $1{,}5 \cdot 10^6$ J. **7.** $\approx 7{,}1 \cdot 10^5$ J. **8.** $6{,}24 \times 10^5$ J. **9.** Apie 11,8 MJ. **15.** 395 kJ. **16.** ≈2,9 MJ.
2.5.	**6.** 13,18 MJ. **8.** 84 kJ. **9.** 6142 kJ. **10.** 2636 kJ.
3.1.	**6.** 25 kartus. **7.** 50 kartų. **8.** 6 cilindrus. **9.** 3 kJ. **10.** 2940 J.
3.3.	**2.** 35 %. **3.** 16 %. **5.** ≈33 %. **7.** ≈6,5 J. **8.** Neužteks. **9.** ≈22 %.
2-asis l. d.	**1.** 300 l; 250 l. **2.** 459 J/(kg · °C). **3.** 4 %.
3.4.	**1.** $1{,}4 \cdot 10^{16}$ J. **2.** $\approx 2{,}4 \cdot 10^{18}$ J; $1{,}3 \cdot 10^{20}$ J. **3.** $2{,}6 \cdot 10^8$ J. **4.** ≈34 %. **5.** ≈10 min. **7.** Krosnis atiduos $\approx 5{,}6 \cdot 10^7$ J, vanduo — $4{,}9 \cdot 10^8$ J. **8.** $1{,}5 \cdot 10^7$ J. **9.** ≈27 g.
5.1.	**4.** $I_1 : I_2 = 6$. **5.** Vienoda. **6.** Per 200 s.
3-iasis l. d.	**3.** 45 C. **4.** 0,03 A.
5.2.	**4.** 60 J. **5.** 4,5 V. **6.** $U_1 : U_2 = 1 : 2$. **7.** Pirmoje 3 kartus. **8.** 5 A; 2,5 A.
4-asis l. d.	**8.** 0,24 J.
5.3.	**2.** 1,2 Ω. **3.** 55 Ω. **4.** 100 Ω. **5.** 3 Ω; 3 Ω. **8.** Antrasis.
5.4.	**1.** Sumažėjo 4 kartus. **2.** 25 Ω. **3.** Nepasikeis. **5.** Antrojo didesnė 4 kartus. **6.** 1,6 Ω. **7.** 150 m. **8.** 0,765 mm². **9.** Iš geležies. **10.** Iš konstantano. **11.** 6 Ω.
5.5.	**3.** 100 Ω. **4.** 142,4 kg. **9.** 200 Ω; 8 Ω. **10.** 200 mm².
5.6.	**2.** 4 A. **3.** 4 V. **7.** 5 A. **8.** 5 V. **9.** 20 V. **10.** 1 Ω · mm²/m.

6.1. **1.** 4 V. **2.** 4 V. **4.** 0,5 A; 5,5 V. **5.** 37 lemputes. **6.** 16 Ω. **7.** 15 Ω. **8.** 38,5 Ω. **9.** Švies silpniau. **10.** ≈0,324 A; ≈4,4 V; ≈1 V; ≈0,6 V.

5-asis l. d. **1.** 30 Ω. **2.** 0,5 A; $U_{BC} = 1$ V; $U_{CD} = 0{,}5$ V; $U_{AD} = 2{,}5$ V. **3.** 4 A; 8 V.

6.2. **5.** 8 A. **6.** 3 V. **7.** 1 Ω. **8.** ≈1 Ω. **9.** ≈4,3 Ω.

6-asis l. d. **3.** $I_1 = 0{,}2$ A; $I_2 = 0{,}3$ A; $I = 0{,}5$ A. **6.** $I_3 = 0{,}5$ A; $I_5 = 1$ A; $I_6 = 2{,}5$ A. **8.** 6 A; 4 A; 240 V.

6.3. **4.** 4,5 Ω. **5.** 5 Ω. **6.** $U_1 : U_2 = 3$. **7.** $R_A < R_B$; $U_A < U_B$; $I_A = I_B$. **9.** 6 Ω. **13.** 40 Ω.

7.1. **1.** 18 J. **4.** ≈2,5 kJ. **5.** 7,2 kJ. **11.** $3{,}2 \cdot 10^3$ kJ.

7.2. **7.** 0,5 A. **8.** ≈16 364 C. **9.** 1 h.

7-asis l. d. **1.** 8 kWh ($2{,}88 \cdot 10^7$ J). **2.** $I_1 : I_2 = 2$. **3.** 120 V. **4.** Kurio $R =$ $= 50$ Ω. **5.** Kurio $R = 50$ Ω. **7.** 6 : 1. **8.** 720 kJ. **9.** 5,4 A.

7.3. **8.** 0,44 A; 96,8 W. **9.** ≈54 g. **10.** 600 J.

7.4. **7.** 1,32 kW. **8.** 300 W ir 500 W galios lempas. **11.** 0,9 W; 25 920 J; 0,6 °C. **12.** 1,26 kW.

7.5. **5.** 0,33 A.

8.1. **5.** 2 kartus padidės. **6.** $9{,}87 \cdot 10^{-6}$ kg. **7.** 0,54 g. **8.** ≈8408 C. **9.** ≈ 16,8 A. **10.** $0{,}34 \cdot 10^{-6}$ kg/C.

Panaudotų iliustracijų šaltiniai

http://www.scarlett.ru/source/models/hires/sc-190/sc-190.jpg

http://www.anniversary-weddinggifts.com/web_images/web_images/KTHERMONE.jpg

http://www.voke3.lt/n/d/mix1.htm

http://acmeme.org/all/travel/tallinn/stockholm/vasamuseum/ice_floes.jpg

http://www.siemens.com/misc/download.jsp?url=%2FDaten%2Fsiecom%2FHQ%2FPG%2FInternet%2FPG_Unitwide%2FWORKAREA%2Fpp_pg4%2Ftemplatedata%2FDeutsch%2Ffile%2Fbinary%2Fsopg200405_300dpi_1185572.jpg&download=true

http://www.gscscientific.com/501z13web.jpg

http://www.gscscientific.com/501z7web.jpg

http://www.uvm.edu/%7Edahammon/whatsnew//largeElectroscope.jpg

http://www.sil.si.edu/digitalcollections/hst/scientific-identity/fullsize/SIL14-A4-05a.jpg

http://www.sil.si.edu/digitalcollections/hst/scientific-identity/fullsize/SIL14-V003-02a.jpg

http://www.ady-bp.sulinet.hu/tantar/atvalt/kepek/ohm.jpg

http://www.scarlett.ru/source/models/hires/sc-132s/sc-132s-green.jpg

http://www.hakko.com.sg/presto.jpg

http://perso.club-internet.fr/rene.balderacchi/illustrations/Fusible%2003.jpg

http://www.ab.com/industrialcontrols/products/control_ circuit_and_load_protection/images/circuit_ protection_ family.jpg

http://www.electronics-plus.com/Merchant/graphics/surplus/1N5817.jpg

http://www.edcjp.jp/kit/elecraft/KX1-Photos/Parts2/index.html

http://kwtubes.com/ebaypictures/diodes/d817g.jpg

http://images.channeladvisor.com/Sell/SSProfiles/10047725/Images/DI3a50v100.jpg

http://www.kalleb.com/eb/di.jpg

http://www.hcrs.at/BILDER/SRMAIN2.JPG

http://www.solitrondevices.com/Packages%20Galleria/TO-111%20Side%20view%20x.JPG

Kompaktinis diskas „Corel photo".

Natur und technik: Physik, Chemie Hauptschule Nordrhein-Westfalen: Cornelsen, 1991.

Physik Gross Berhag 5/6 Nordrhein-Westfalen /von *K. Graeff, H.-W. Kirchhoff, J. Opladen, J. Reimers.* Stuttgart: Ernst Klett Verlag, 1987.

Dalykinė ir pavardžių rodyklė

Vladas Valentinavičius
FIZIKA
Vadovėlis IX klasei

Piešiniai *Vytautės Zovienės*
Nuotraukos *Rūtos Bužinskaitės* ir *Ričardo Rudinsko*
Redaktorė *Zita Šliavaitė*
Viršelis *Kristinos Jėčiūtės*

Tir. 3000 egz. Leid. Nr. 15 659. Užsak. Nr. 16 940.
Uždaroji akcinė bendrovė leidykla „Šviesa", E. Ožeškienės g. 10,
LT-44252 Kaunas.
El. p. mail@sviesa.lt
Interneto puslapis http://www.sviesa.lt
Spausdino UAB „Spaudos praktika", Chemijos g. 29,
LT-51333 Kaunas.
Sutartinė kaina

Šis vadovėlis padės Jums atskleisti šiluminių ir elektrinių reiškinių paslaptis. Čia rasite atsakymus į daugelį su šiomis temomis susijusių klausimų, pavyzdžiui, kodėl, prieš pilant vandenį į stiklinę, patariama į ją įdėti metalinį šaukštelį, kodėl 20 °C temperatūros oras žmogui atrodo pakankamai šiltas, o tokios pat temperatūros vanduo – vėsus, kodėl po žiemos dirvose „pridygsta" akmenų. Nagrinėdami elektrinius reiškinius, ne tik geriau pažinsite buityje naudojamus elektrinius prietaisus, bet ir sužinosite, kaip sparčiai plėtojosi fizikos mokslas – technikos pagrindas. Deja, nauji mokslo atradimai kelia dar daugiau problemų. Gal jos pavilios ir Jus?



ISBN 5-430-04010-X

